Untersuchungen

über

das Holz der Roteiche.

Inaugural-Dissertation

behufs

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen staatswirtschaftlichen Fakultät der k. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Fritz Eichhorn
Forstpraktikant.

M. Rieger'sche
Universitäts-Buchhandlung
Gustav Himmer
k. b. Hoflieferant.
München 1895.

Untersuchungen

über

das Holz der Roteiche.

Inaugural-Dissertation

behufs

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen staatswirtschaftlichen Fakultät der k. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Fritz Eichhorn
Forstpraktikant.

M. Rieger'sche
Universitäts-Buchhandlung
Gustav Himmer k. b. Hoflieferant.
München 1895.

Die vorliegende Arbeit wurde im botanischen Laboratorium der forstlichen Versuchsanstalt in München unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Hartig gefertigt, dem ich für seine Unterstützung meinen herzlichsten Dank ausspreche. In gleicher Weise fühle ich mich Herrn Hofrat Dr. Hilger verpflichtet. Den Herren Forstmeister Serini von Annweiler, Oberförster Fürstenwerth von Rotenfels und Oberförster Kirchgeßner von Zwingenberg, die mir in freundlichster Weise das Untersuchungsmaterial zur Verfügung stellten, sei an dieser Stelle nochmals bestens gedankt.

Die in Nordamerika vorkommenden Eichen, deren es etwa 40 Arten giebt, zerfallen nach der hellen oder dunkeln Färbung ihrer Rinde in zwei große Gruppen, die Weißeichen und die Schwarzeichen. Neben diesem äußerlichen Unterscheidungsmerkmal der Rindenfarbe bestehen zwischen beiden Gruppen bedeutende morphologische und biologische Verschiedenheiten. Die Weißeichen haben gekerbte oder gelappte Blätter ohne Zähne, von mattgrüner Farbe. Die Blätter der Schwarzeichen dagegen sind dunkelgrün, und laufen die Lappen derselben in eine feine Spitze aus. Während bei den Weißeichen die Samenreife in dem Jahr der Befruchtung eintritt, erfolgt sie bei den Schwarzeichen erst in dem auf die Befruchtung folgenden Jahre.*)

Von den amerikanischen Eichen hat in Deutschland die Roteiche (Quercus rubra L.) bis jetzt die größte Verbreitung gefunden. Dieselbe gehört zu der Gruppe der Schwarzeichen und zeichnet sich, wie alle Repräsentanten dieser Abteilung, durch die prachtvolle Rotfärbung ihrer Blätter im Herbst aus. Die Bezeichnung „rubra" scheint dieser Eichenart wegen ihres roten Holzes beigelegt worden zu sein, nicht wegen der Farbe ihrer Blätter im Herbst. Daß gerade diese Eichenart, trotzdem andere amerikanische Eichen an Holz und Blättern ein intensiveres Rot aufweisen, als rubra bezeichnet wurde, beruht wohl darauf, daß sie zuerst von den amerikanischen Eichen bei uns bekannt und angepflanzt wurde.**)

Die langgestielten, beiderseits glanzlosen, länglichen Blätter haben ihre größte Breite in der oberen Blatthälfte, etwa in $^2/_3$ ihrer Länge. Sie laufen an beiden Enden, besonders an der Basis, ziemlich spitz zu und sind etwa zur Hälfte eingeschnitten. Die gezähnten Lappen endigen in einer feinen Spitze. Die weiblichen Blüten sind sehr kurz gestielt. Die kurzen, dicken Eicheln, von leicht abwischbarem ockerfarbigem Flaum bedeckt, sitzen in einer breiten, flachen Cupula.

Das Wurzelsystem ist ähnlich dem unserer Eichen. Die Jährlinge besitzen nach Schwappach eine bis 0.4 m lange Pfahlwurzel mit kräftig entwickelten Faserwurzeln.

---

*) H. Mayr: Die Waldungen von Nordamerika. S. 140.

**) Houba: Les chênes de l'Amérique septentrionale en Belgique. S. 125.

Die Roteiche bildet einen Hauptbestandteil der nordamerikanischen Laubholzwälder und geht von allen Eichen am weitesten nach Norden. Ihr Wuchs ist ein außerordentlich rascher, und daß sie ihre Schnellwüchsigkeit auch bei uns beibehält, beweist unter anderm ein Stamm aus der badischen Bezirksforstei Rotenfels. Dieser, auf frischem und tiefgründigem sandigem Lehmboden gewachsen, zeigt mit 24 Jahren eine Höhe von 14.8 m bei einem mittleren Brusthöhendurchmesser von 18.4 cm. In höherem Alter soll das Wachstum bedeutend nachlassen, wie überhaupt nach Angaben des französischen Botanikers Michaux die Roteiche in Amerika eine Höhe von 27 m und einen Brusthöhendurchmesser von etwa 1 m nicht allzu häufig überschreitet.*)

Das heimatliche Verbreitungsgebiet der Roteiche gehört der gemäßigten Zone an. Das Klima, in welchem sie in Amerika ihr bestes Gedeihen findet, entspricht dem der kontinentalen Länder des westlichen Mitteleuropa. Je weiter sie nach Süden vordringt, desto mehr läßt sie nach Emerson im Wachstum nach, während andrerseits ihr Holz dabei an Güte zunehmen soll.**)

Ein frischer, tiefgründiger lehmiger Sandboden sagt der Roteiche am meisten zu. Sie stimmt in dieser Beziehung mit unseren einheimischen Eichen überein. Auf strengem, nassem Boden gedeiht sie nicht. Die Anbauversuche des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten haben dies klar bewiesen.***) Auf mittelmäßigem Boden wächst die Roteiche jedenfalls noch weit besser, als unsere Eichen. Nach Emerson kommt sie in Massachusetts auf den schlechtesten Böden vor. Bezüglich der Feuchtigkeitsverhältnisse ist sie sehr accommodationsfähig. Auf Kalkboden soll sie kein gutes Gedeihen finden.

Unsere Erfahrungen bezüglich der Roteiche auf heimischem Boden sind noch nicht so weit gediehen, daß wir ihr Verhalten gegenüber dem Licht klar zu beurteilen vermögen. Doch liegt die Vermutung nahe, daß sie hierin unseren Eichen nahe steht. Schon ihre große Schnellwüchsigkeit, besonders in der Jugend, kennzeichnet sie als Lichtpflanze. Die jungen Roteichen vertragen, wie Schwappach berichtet, Seitenbeschattung gut, dagegen nicht Schirmbeschattung. Es ist zu vermuten, daß die Roteiche vielfach auf Böden zum Anbau kommt, die ihren Anforderungen wenig entsprechen. Naturgemäß muß das Lichtbedürfnis der Roteiche unter solchen ungünstigen Wachstumsverhältnissen ein gesteigertes sein.

Die Ausschlagfähigkeit der Roteiche ist gut. Da die Borkebildung ziemlich spät beginnt, eignet sich diese Eichenart wohl zum Schälwaldbetrieb, zumal gerade im Jugendstadium das Wachstum ein sehr rasches ist. Ueber die Güte der Rinde sind die Ansichten geteilt. Nach Weise bestehen in Mettlach Schäl-

*) Houba: Les chênes de l'Amerique septentrionale en Belique. S. 125.

**) H. Mayr: Die Waldungen von Nordamerika. S. 147.

***) Schwappach: Denkschrift, betreffend die Ergebnisse der in den Jahren 1881—1890 in den preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. S. 41.

waldungen aus Roteichen, ebenso in Keppelen, so daß in nicht gar langer Zeit sichere Aufschlüsse über diese Verwendungsart der Roteiche zu erwarten sind.*)

Die der Roteiche drohenden Gefahren übersteigen nicht das Maß, in welchem die meisten unserer Holzarten bedroht sind. Obgleich die Roteiche im allgemeinen als frosthart bezeichnet werden darf, ist sie wegen des frühzeitigen Vegetationsbeginns den Spätfrösten leicht ausgesetzt. Es ist deshalb oberster Grundsatz, die Roteiche nicht in Frostlöchern anzubauen. Da die Vegetationsdauer eine ziemlich lange ist, werden die jungen Triebe häufig vom Frühfrost überrascht, ehe sie vollständig verholzt sind. Nach den Erfahrungen der deutschen forstlichen Versuchsanstalten hatten die jungen Roteichen sehr stark unter Wildverbiß zu leiden, wobei sich auch die Hasen durch Abschneiden schwacher Pflanzen hervorthaten. Es darf wohl angenommen werden, daß das seltene Vorkommen der Roteiche die Hauptursache des starken Wildverbisses ist, da ja bekanntlich das Wild die einzeln oder selten vorkommenden Holzarten am liebsten angeht. Im großen und ganzen wird der Anbau der Roteiche durch Wildverbiß nicht in Frage gestellt sein.

Die amerikanischen Holzarten sind über England zu uns gekommen. Nach England wurden den Aufzeichnungen des „Hortus Kewensis“ zufolge die ersten im Anfang des siebzehnten Jahrhunderts eingeführt. Diese Holzarten wurden zunächst nur in Parken und Gärten angepflanzt, und besonders in England währte es geraume Zeit, bis man sich zu forstmäßigen Anlagen entschloß. In Deutschland sind um das Jahr 1630 von amerikanischen Pflanzen nur einige wenige bekannt, wie aus einem Werke des Kurf. Brandenburg'schen Leibarztes Elszholz über Gartenbau hervorgeht. Bei dem vollständigen Mangel deutscher Litteratur über die Einführung fremdländischer Holzarten während etwa einem Jahrhundert nach dem Erscheinen des Elszholz'schen Buches sind wir auf die englischen Aufzeichnungen angewiesen. Bei dem im 18. Jahrhundert schon ziemlich kräftig entwickelten Handelsverkehr zwischen Deutschland und England ist die Annahme berechtigt, daß die amerikanischen Holzarten nicht lange Zeit nach ihrer Einführung in England nach Deutschland gekommen sind. Von den amerikanischen Eichen wurden die ersten am Ende des 17. Jahrhunderts nach England gebracht, die Quercus rubra zwischen den Jahren 1730 und 1740. Wir dürfen deshalb die Mitte des 18. Jahrhunderts als den Zeitpunkt der Einführung der Roteiche in Deutschland annehmen.**)

Die ersten Anbauversuche mit den fremdländischen Holzarten wurden naturgemäß auch bei uns in Gärten und Parken gemacht, doch schritt man bald zu forstmäßiger Kultur. Infolge des gänzlich unmotivierten, oder auf einige fehlgeschlagene Versuche sich stützenden Mißtrauens, welches besonders von forstlicher Seite den Exoten entgegengebracht wurde, ging die Verbreitung

*) Weise: Das Vorkommen gewisser fremdländischer Holzarten in Deutschland. S. 41.
**) John Booth: Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland.

derselben äußerst langsam vor sich. Das energische, sich nicht auf Worte beschränkende Eintreten eines Wangenheim, eines Burgsdorf für die Fremdlinge hatte einen nur mäßigen Erfolg. Die immer wieder stockende Frage in Fluß gebracht zu haben, ist vor allem das Verdienst des Herrn John Booth. Es gelang ihm, den Fürsten Bismarck für die Frage zu interessieren, das preußische Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten griff die Sache auf, und die Ausführung der Anbauversuche wurde dem Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten übertragen. Auf der Versammlung des Vereins zu Baden-Baden im Jahr 1880 wurden die anzubauenden Holzarten festgesetzt, unter diesen auch Quercus rubra. Ueber die bisherigen Ergebnisse dieser Anbauversuche hat Schwappach für Preußen in einer Denkschrift 1891 berichtet. Ueber die Roteiche fällt der Verfasser folgendes Urteil: „Von keiner der andern bei den Anbauversuchen erprobten Holzarten ist bereits in gleichem Umfang der Beweis des Gedeihens in Deutschland geliefert, wie bei der Roteiche, welche bereits im Jahr 1740 eingeführt wurde, und von welcher sich an verschiedenen Orten bis zu 120jährige Exemplare vorfinden. . . . Jedenfalls erscheint nach ihrem guten waldbaulichen Verhalten der fernere Anbau der Roteiche in größerem Umfange gerechtfertigt."*)

In seiner 1882 erschienenen Abhandlung: „Das Vorkommen gewisser fremdländischer Holzarten in Deutschland" hat Weise unter anderem auch über die Verbreitung der Roteiche berichtet. Darnach finden sich ältere Stämme nur in geringer Zahl vor. Der älteste Stamm, damals 120jährig, steht in einem Park bei Sagan in Schlesien. In Tegel in der Provinz Brandenburg finden sich als Reste der Burgsdorf'schen Anbauversuche einige 100jährige Stämme. Aeltere Roteichenbestände existiren nicht. Auf größeren Flächen ist die Roteiche erst in jüngster Zeit hie und da angebaut worden. Besonders viel ist für sie in Hannover geschehen. In der badischen Bezirksforstei Rotenfels befindet sich ein 0.5 ha großer, jetzt 24jähriger Bestand, aus welchem das eingangs erwähnte Exemplar entnommen ist. Was an älteren Roteichen in den Waldungen vorhanden ist, steht meist einzelständig, selten horstweise zwischen anderen Holzarten. Ziemlich häufig findet sich die Roteiche als Alleebaum verwendet, und ebenso gehört ihr Vorkommen in Parken nicht zu den Seltenheiten.

Ueber die Güte des Roteichenholzes werden sehr verschiedene Urteile gefällt. Doch dürften die ungünstigen überwiegen. Das älteste diesbezügliche Gutachten stammt von dem französischen Botaniker Michaux fils, der anfangs des 19. Jahrhunderts im Auftrag der französischen Regierung die Waldungen Nordamerikas durchforschte, um für den Flottenbau besonders geeignete Hölzer aufzufinden. Er schreibt: „Das Holz der Roteiche ist als fest, aber auch als schnell der Zersetzung anheimfallend bekannt. Die Roteiche ist von allen Eichen

*) Schwappach: Denkschrift . . . S. 41.

diejenige, deren Holz in der Technik an letzter Stelle verwendet wird." Michaux empfiehlt, das Roteichenholz zur Herstellung von Fässern, die zur Versendung trockener Waren, wie gesalzenes Fleisch, Gemüse, Mehl ꝛc. dienen, zu verwenden und kommt zu dem Schluß, daß wegen der geringen Güte des Holzes der Anbau der Roteiche nicht zu empfehlen ist. Nicht günstiger lautet die Kritik Emersons in seinem Werke über die Bäume und Sträucher in den Wäldern von Massachusetts, der dem Roteichenholz nur sehr geringen Wert als Nutz- und Brennholz zuerkennt. Da der Roteiche mancherorts die Namen besserer Eichenarten beigelegt würden, so habe das Holz hie und da einen besseren Ruf, als es verdiene.*) Am schärfsten vielleicht ist die schweigende Kritik Semlers in seinem Buch über die „tropische und amerikanische Waldwirtschaft und Holzkunde." In dem Abschnitt über die kulturwürdigen Hölzer sagt Semler: „In diesem Abschnitt soll die Beschreibung derjenigen Hölzer gegeben werden, welchen im Handel und in den Gewerben eine solche Wertschätzung zu Teil wird, daß sie zum Anbau Beachtung verdienen." Die Roteiche wird in diesem Abschnitt nicht aufgeführt.

Im Gegensatz zu diesen absprechenden Urteilen steht die warme Verteidigung des Roteichenholzes durch Houba, garde-général des eaux et forêts in Belgien. Derselbe stützt sich zum Teil auf eigene Untersuchungen, zum Teil auf fachmännische Urteile. Vor allem tritt er der Kritik Michaux' entgegen und führt gegen denselben ein Gutachten der französischen Forstverwaltung vom Jahr 1878 an, in welchem bedauert wird, daß man sich durch Michaux' Urteil von dem Anbau mancher nordamerikanischen Eichenarten habe abhalten lassen. In diesem Gutachten wird weiterhin das Holz der Roteiche „als mittelmäßig, aber unzweifelhaft wertvoller, als das unserer Bäume zweiter Ordnung" bezeichnet und der Anbau derselben als vorteilhaft empfohlen. Houba selbst kommt zu dem Schluß, daß für gewisse Verwendungszwecke das Roteichenholz sogar dem Holz der pedunculata und Robur überlegen ist. Vor allem eigne es sich vorzüglich zu Faßdauben; auch in der Möbelschreinerei sei es sehr gut zu gebrauchen. Die Untersuchungen Houbas über das specifische Gewicht des Holzes sind, wie die meisten dieser Art, nicht zu gebrauchen, da die Gewichtsbestimmungen ohne Rücksicht auf Baumteil und Wassergehalt ausgeführt und nicht vergleichbare Zahlen einander gegenübergestellt wurden. Wertvoller sind die Angaben über die Art und Weise, wie das Holz bei gewissen Verwendungszwecken sich bewährt hat, so z. B. als Fensterrahmen und als Fußboden. Die hierbei erzielten Resultate waren günstig.**)

Auch Professor H. Mayr bezeichnet in seinem Werk über die Waldungen von Nordamerika das oben angeführte Urteil Emersons als zu weit gehend

*) Emerson: A report on the trees and shrubs growing naturally in the forets of Massachusetts. S. 169.

**) Houba: Les chênes de l'Amérique . . . S. 54 ff.

und bestätigt, daß das Roteichenholz gern zu Faßdauben verwendet wird.*)

Diesen sich widersprechenden Urteilen steht die feste Thatsache gegenüber, daß das Roteichenholz in Amerika fast nur als Brennmaterial dient, und daß es als Nutzholz nur da verwertet wird, wo kein Weißeichenholz zu haben ist. Ueberhaupt wird das Holz der Weißeichen dem der Schwarzeichen für die Technik unbedingt vorgezogen, und geht die allgemeine Ansicht dahin, daß die Weißeichen besseres und dauerhafteres Holz liefern. Wie schon erwähnt, findet das Roteichenholz zur Herstellung von Fässern Verwendung. Einer mir vorliegenden Beilage zur deutschen Weinzeitung entnehme ich, daß man mehrfach schlimme Erfahrungen mit aus amerikanischem Eichenholz hergestellten Fässern machte, indem das Holz nach zwei bis drei Jahren „erstickt" war. Mangel an Dauerhaftigkeit ist überhaupt der Vorwurf, der von allen Seiten gegen das Roteichenholz erhoben wird, während man ihm Härte und Festigkeit nachrühmt. Der praktische Sinn des Amerikaners bietet Gewähr dafür, daß die Geringschätzung des Roteichenholzes in der Technik nicht auf einem Vorurteil, sondern auf thatsächlich vorhandenen Mängeln beruht.

Die Frage: „Weßhalb ist das Roteichenholz schlechter, als unser Eichenholz" wurde bis jetzt nur mit Vermutungen beantwortet. Zweck der vorliegenden Arbeit ist es, durch Untersuchung der anatomischen und chemischen Verhältnisse des Roteichenholzes die Verschiedenheiten desselben gegenüber unseren Eichen, speciell der Quercus Robur festzustellen, welch' letztere in jüngster Zeit von Herrn Professor Hartig in eingehendster Weise untersucht wurde.**) Die von mir gefundenen Ergebnisse werden jeweils den entsprechenden, von Professor Hartig gefundenen gegenübergestellt werden. Ich hoffe, durch meine Arbeit dem Urteil der Praktiker die wissenschaftliche Begründung geben zu können.

Ueber das der Untersuchung zugrunde liegende Material ist Folgendes vorauszuschicken:

Stamm I und II, beide 70jährig, stammen aus dem Forstamt Annweiler (Pfalz). Sie sind auf einem Vergnügungsplatz erwachsen, welcher vor etwa 70 Jahren der Beschattung wegen mit Roteichen und Edelkastanien bepflanzt wurde. Dem Zweck entsprechend war der gewählte Pflanzverband ein sehr weiter. Trotzdem sind die beiden Stämme ziemlich astrein und vollholzig erwachsen. Bei Stamm I z. B., der eine Länge von 21.5 m erreicht hat, beginnt die Krone erst in einer Höhe von 15 m. Der Boden ist ein frischer, tiefgründiger lehmiger Sandboden.

Stamm III erhielt ich aus der badischen Bezirksforstei Rotenfels (bei

*) Mayr: Die Waldungen von Nordamerika. S. 147.

**) Dr. R. Hartig: Untersuchungen über Wachstumsgang und Ertrag der Eichenbestände des Spessartes. (erschienen in der Forstl. naturw. Zeitschrift 1893).

Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes. (Forstl. naturw. Zeitschrift 1894).

Rastatt). Dieser Stamm, den ich schon eingangs erwähnte, ist 24jährig und hat in diesem Alter einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 18.4 cm (mit Borke und Rinde) und eine Höhe von 14.8 m erreicht. Das Exemplar ist einem 0.5 ha großen, aus Pflanzung hervorgegangenen reinen Roteichenbestande entnommen. Derselbe stockt auf einer Bergwiese, welche in der Höhe sanft, weiter unten stark gegen Westen abfällt. Die Meereshöhe beträgt etwa 250 m. Der Boden ist sandiger Lehm, tiefgründig und frisch. Der Kronenansatz ist 4.5 m unterhalb der Spitze. Doch hat der Baum infolge des gegen Westen freien Standes schon unterhalb der eigentlichen Krone einige Aeste angesetzt.

Das IV. Exemplar stammt aus dem Großh. Bad. Forst- und Rentamt Zwingenberg (am Neckar). Der Stamm ist auf einer ehemaligen Saatschule erwachsen, die seiner Zeit mit Roteichen und Akazien ausgepflanzt worden war. Zwischen üppig wachsenden Akazien stehend ist diese Roteiche zeitweise so bedrängt worden, daß Jahre lang nur die obersten Baumteile und auch diese nur äußerst schmale Jahrringe anlegten. So lassen sich auf der in einer Höhe von 13.1 m entnommenen Scheibe 43 Jahrringe zählen, während der Querschnitt in 9.9 m Höhe deren nur 39 aufweist. Bei 0.3 m über dem Boden wurden 62 Jahrringe gezählt. Eine Altersbestimmung an dem Stamm selbst war somit ausgeschlossen. Da aus Aufzeichnungen des Rentamts Zwingenberg über die Zeit der Begründung des Bestandes nichts zu entnehmen war, es auch nicht anging, auf der betreffenden Fläche einen weiteren Stamm zu fällen und an diesem das Alter festzustellen, so mußte auf die Altersbestimmung verzichtet werden. Unter den obwaltenden Verhältnissen konnte natürlich von Zuwachsberechnungen keine Rede sein. Die Untersuchungen mußten sich auf die Qualität des Holzes beschränken.

Der Stamm hat bei 0.3 m Höhe einen Durchmesser von 49.6 cm (mit Rinde). Das Dickenwachstum ist in den ersten 30 Jahren ein außergewöhnlich starkes gewesen. In 0.3 m Höhe hatte der Stamm mit 30 Jahren einen Durchmesser von etwa 40 cm ohne Rinde. Jahrringe von 10 bis 11 mm Breite sind in dieser Periode keine Seltenheit. Vom 40- bis 50jährigen Alter an scheint der Baum allmählich ins Gedränge gekommen zu sein, so daß er zeitweise dem Eingehen nahe gestanden hat. Durch Ausasten oder Fällen von Nachbarstämmen wurde ihm später Luft geschafft, so daß er in den letzten 13 Jahren auch am untern Stammteilwie der Jahrringe, wenn auch äußerst schmale anlegte.

Die Baumlänge beträgt 18 m; bis zu einer Höhe von 13 m ist der Schaft astfrei.

Der Boden, aus Verwitterung von Buntsandstein hervorgegangen, ist tiefgründig, frisch und reich an mineralischen Nährstoffen. Die ehemalige Saatschule liegt auf einem sanft gegen Süden geneigten Hang. Die Erhebung über das Meer beträgt etwa 350 m.

Zum Zweck der Untersuchungen wurden die Stämme in der Weise zerlegt, daß, beginnend bei 1.3 m Höhe und in Abständen von 3 m, je eine

4 cm hohe Scheibe und ein 20 cm hoher Klotz herausgeschnitten wurden. Es wurden demnach in folgenden Stammhöhen Scheiben entnommen:

1.30 4.54 7.78 11.02 14.26 17.50 20.74.

Zuwachsuntersuchungen.

Höhenzuwachs.

Die Stämme I und II weisen ein sehr übereinstimmendes Höhenwachstum auf.

In den ersten 10 Jahren ist bei Stamm I der Höhenzuwachs größer, als im zweiten Dezennium. Dies findet seine Erklärung in der Entstehungsweise des Roteichenbestandes. Derselbe ist aus Pflanzung hervorgegangen. Durch das Versetzen aus dem Pflanzenbeet in den Bestand ist das Stämmchen im Wachstum geschädigt worden und konnte sich erst nach längerer Zeit erholen. Bei Stamm II tritt eine Zurücksetzung im Wachstum durch die Verpflanzung nicht hervor.

Tabelle I.

Höhenwuchs.

Alter	Roteichen						Spessarteichen			
	Höhe in m			Jährl. Höhenzuwachs in cm			Geyersberg	Eichhain	Geyersberg	Eichhain
	I	II	III	I	II	III	Höhe in m		Jährl. Höhenzuwachs in cm	
				23.0	15.7	39.8			31	22
10	2.30	1.57	3.98				3.1	2.2		
				20.0	27.0	**82.2**			**41**	36
20	4.30	4.27	12.20				7.2	5.8		
				.	.	65.0				
24	.	.	14.80				.	.		
				48.3	**51.1**	.			37	**41**
30	9.13	9.38	.				10.9	9.9		
				45.8	40.6	.			26	30
40	13.71	13.44	.				13.5	12.9		
				40.6	40.6	.			21	31
50	17.77	17.50	.				15.6	16.0		
				27.0	27.0	.			20	23
60	20.47	20.20	.				17.6	18.3		
				10.3	8.0	.			17	19
70	21.50	21.00	.				19.3	20.2		
				.	.	.			15	16
80	.	.	.				20.8	21.8		
				.	.	.			15	10
90	.	.	.				22.3	22.8		
				.	.	.			10	.
100	.	.	.				23.3	.		

Die Kulmination fällt bei beiden Stämmen zwischen das 20. und 30. Jahr, mit 48.3 cm bei Stamm I und 51.1 cm bei Stamm II. Bis zum 50. Jahr bleibt der jährliche Höhenzuwachs nicht viel hinter dem Maximum zurück; von da an macht sich starkes Sinken bemerkbar. Es ist ein auffallendes, wenn auch belangloses Zusammentreffen, daß die beiden Stämme vom 40. bis zum 60. Jahr genau denselben Höhenzuwachs haben.

Der Gang des Höhenwachstums der Stämme I und II scheint die von der Roteiche herrschende Ansicht zu bestätigen, daß der Wuchs in höheren Jahren schnell nachlasse.

Stamm III fällt durch sein außerordentlich rasches Höhenwachstum auf. Er hat mit 24 Jahren eine Höhe von 14.8 m erreicht. Vom 10. bis 20. Jahr beträgt das jährliche Höhenwachstum 82.2 cm. In einer Höhe von 7.74 m wies der Querschnitt 9 Jahrringe, bei 10.96 m deren 6 auf. Der Stamm ist also vom 15. bis 18. Jahr um rund 3 m gewachsen, so daß der jährliche Höhenzuwachs in dieser Zeit etwa 1 m beträgt.

Die Kulmination des Höhenzuwachses fällt allem Anschein nach in das zweite Dezennium. Denn wenn auch der jährliche Höhenzuwachs von zahlreichen Faktoren bedingt ist und ein Sinken desselben vorübergehend sein kann, so scheint mir doch die Differenz von 82.2 auf 65.5 zu stark zu sein, als daß man zeitlichen Einflüssen die Schuld hieran zuschreiben dürfte. Es ist darum wohl die Annahme berechtigt, daß der Höhenzuwachs im dritten Dezennium bereits im Abnehmen begriffen ist.

Ich habe der Höhenwuchstabelle für die 3 Roteichen einige Zahlen über das Höhenwachstum von Quercus Robur im Spessart beigegeben. Diese Zahlen sind der Arbeit von Prof. Hartig: Untersuchungen über Wachstumsgang und Ertrag der Eichenbestände des Spessartes (Forstl. naturw. Zeitschrift 1893. 7. Heft) entnommen. Von den je 5 Klassenstämmen des 246jährigen reinen Eichenbestandes „Geyersberg" und des 90jährigen „Eichhain" habe ich jeweils den ersten Klassenstamm zur Vergleichung ausgewählt. Von dem 246jährigen Stamm sind die Zahlen nur soweit angegeben, als es mir zu dem vorliegenden Zweck nötig erschien.

Ich bin mir wohl bewußt, daß die hier in Vergleich gezogenen Zahlen nicht als gleichwertig gelten können, da die Repräsentanten der beiden Eichenarten auf verschiedenen Standorten und unter sehr abweichenden Bestandsverhältnissen erwachsen sind. Zudem sind die Spessarteichen aus Saat (oder natürlicher Verjüngung), die Roteichen aus Pflanzung hervorgegangen, und es ist wohl bekannt, daß die Begründungsart auf den Verlauf des Höhenwachstums Einfluß ausübt. Ich halte jedoch die angegebenen Zahlen für verwendbar, da sie die Wachstumsverhältnisse von Quercus rubra und Qu. sessiliflora deutlich erkennen lassen, und es hier nur darauf ankommt, die Gesetze des Höhenwuchses für beide Eichenarten ganz allgemein einander gegenüberzustellen.

Die Zeit der Kulmination des Höhenzuwachses zeigt für beide Eichenarten keine Unterschiede. Die eine der Spessarteichen hat das Zuwachsmaximum zwischen dem 10. und 20., die andere zwischen dem 20. und 30. Jahr. Die gleichen Verhältnisse haben wir bei Stamm III bezw. den Stämmen I und II der Roteichen. Dagegen weisen die Zuwachsgrößen zur Zeit der Kulmination Unterschiede auf, die zum Teil recht bedeutend sind.

Zwischen den Roteichen I und II und den Traubeneichen sind die Differenzen nicht groß. Es ist jedoch zu bedenken, daß die Spessarteichen in dichtem Schluß, die beiden Roteichen in ziemlich freier Stellung aufgewachsen sind, daß bei den ersteren die Wirtschaft darauf hinausging, hohe astreine Stämme zu erzielen, während man bei den letzteren breite Kronen zur Beschattung des Vergnügungsplatzes wünschte. Die beiden Roteichen hatten daher in der Jugend ein langsameres Längenwachstum, als es unter normalen Verhältnissen der Fall zu sein pflegt. Es tritt dies klar hervor in den Zuwachsgrößen der ersten zwei Dezennien. Die Roteichen sind bis zum 20. Jahr bedeutend hinter den Spessarteichen zurückgeblieben. Erst mit dem 40. Jahr haben sie die letzteren eingeholt bezw. um ein geringes überholt und bleiben nun vermöge ihres bis zum 50. Jahr anhaltenden, kräftigen Höhenwachstums bis zum Abtrieb im 70. Jahr über denselben. Ohne Zweifel hat der im 30- bis 40jährigen Alter eingetretene Schluß günstig auf den Höhenwuchs der Roteichen eingewirkt und ist die Ursache dafür, daß im 50jährigen Alter der Höhenzuwachs der Roteichen $^4/_3$ bezw. das Doppelte des Höhenzuwachses der Spessarteichen beträgt. Während aber bei den Roteichen vom 50. Jahr an ein rapides Sinken des Höhenzuwachses eintritt, läßt bei den Traubeneichen der Längenwuchs ganz allmählich nach. So kommt es, daß mit 70 Jahren der Höhenzuwachs der Spessarteichen — genau im Gegensatz zu den Verhältnissen vor 20 Jahren — das Doppelte des Zuwachses der Roteichen ausmacht. Infolge dessen sind auch die Höhenunterschiede im 70. Jahr keine großen mehr. Es steht ganz außer Zweifel, daß in zwei bis drei weiteren Dezennien die Roteichen hinter den Traubeneichen zurückgeblieben wären.

Schärfer treten die Wuchsverschiedenheiten zwischen den beiden Eichenarten bei Stamm III hervor. Dieser ist unter ähnlichen Bestandsverhältnissen, wie die beiden Spessarteichen aufgewachsen. Schon frühzeitig genoß der Stamm die das Höhenwachstum fördernde Wirkung der Seitenbeschattung. Daher beträgt der Höhenzuwachs schon im ersten Dezennium 40 cm und steigt schon im zweiten Jahrzehnt zum Maximum mit 82 cm. Mit 24 Jahren hat der Stamm eine Höhe erreicht, wie sie die Spessarteichen erst etwa mit dem 50. Jahr aufweisen. Das außerordentlich rasche Längenwachstum der Roteichen in der Jugend, hinter welchem unsere Eichen, ausgenommen auf den besten Eichenstandorten, weit zurückbleiben, tritt hier in der prägnantesten Weise zu Tage. Vom 20. bis 24. Jahre sinkt der Höhenzuwachs ziemlich stark, und dürfte

hieraus der Schluß zu ziehen sein, daß trotz des enormen Wuchses in der Jugend der Baum keine besondere Höhe erreicht haben würde.

Es ist sehr zu bedauern, daß infolge der Jugend des Baumes die Untersuchungen sich nur auf einen so kurzen Zeitraum erstrecken können. Der Roteichenbestand bei Rotenfels wird jedoch in späteren Zeiten wertvolle Objekte zur Feststellung der Wachstumsverhältnisse der Roteiche und der Eigenschaften ihres Holzes darbieten.

Die Ergebnisse der Vergleichung lassen sich in Kürze dahin zusammenfassen, daß der Roteiche in der Jugend ein außerordentlich rasches Längenwachstum eigen ist, welches jedoch bald und schnell sinkt, so daß die Roteiche nicht die Höhen erreicht, wie unsere Eichen, welche zwar in der Jugend hinter der Roteiche zurückbleiben, durch ihr langsam sinkendes und bis ins höchste Alter anhaltendes Längenwachstum aber befähigt sind, die Roteiche in späteren Jahren zu überholen und dauernd über derselben zu bleiben.

Stärke- Massen- und Formzuwachs.

Die Untersuchungen über Stärke- Massen- umd Formzuwachs konnten nur an den Stämmen I und II gemacht werden. Stamm III giebt wegen seiner Jugend zu wenig diesbezügliche Zahlen, als daß die Gesetze des Zuwachses zu Tage treten könnten.

Die Gesetzmäßigkeit im Gange des Durchmesserzuwachses ist aus den gegebenen Zahlen klar ersichtlich. Wie aus Tabelle II zu entnehmen, hat der Durchmesserzuwachs in der Jugend eine steigende Tendenz, erreicht ziemlich

Tabelle II.

Zuwachsgang der Stämme I und II.

Alter	Durchm. in 1,3 m ohne Borke u. Rinde in cm	10jähriger Durchm.-zuwachs in cm	Durchschnittl. Ringbreite in mm	Schaftinhalt in cbm	Jährl. Massenzuwachs in Lit.	Schaftformzahl	Durchm. in 1,3 m ohne Borke u. Rinde in cm	10jähr. Durchm.-zuwachs in cm	Durchschnittl. Ringbreite in mm	Schaftinhalt in cbm	Jährl. Massenzuwachs in Lit.	Schaftformzahl
	Stamm I						Stamm II					
10	1.0			0.00026		.	0.4			0.00003		.
		2.8	1.40		0.340			3.7	1.85		0.425	
20	3.8			0.00366		0.753	4.1			0.00428		0.759
		4.7	2.35		2.391			**5.4**	**2.70**		3.019	
30	8.5			0.02757		0.533	9.5			0.03447		0.518
		5.1	**2.55**		6.691			4.1	2.05		5.939	
40	13.6			0.09448		0.484	13.6			0.09386		0.481
		4.3	2.15		12.231			3.8	1.90		**9.636**	
50	17.9			0.21679		0.485	17.4			0.19022		0.457
		4.1	2.05		**15.254**			2.4	1.20		9.130	
60	22.0			0.36933		0.475	19.8			0.28152		0.453
		2.9	1.45		11.411			2.0	1.00		8.982	
70	24.9			0.48344		0.462	21.8			0.37134		0.474

frühzeitig, bei Stamm I zwischen dem 30. und 40., bei Stamm II zwischen dem 20. und 30. Jahr sein Maximum und sinkt dann stetig bis zum Abtriebsalter. Die Kulmination des Durchmesserzuwachses fällt mit der des Höhenzuwachses annähernd zusammen.

Die Jahrringbreite nimmt natürlich den gleichen gesetzmäßigen Verlauf, wie der Durchmesserzuwachs.

Die Untersuchung der Spessarteichen hat für diese dieselben Gesetzmäßigkeiten im Gang des Durchmesserzuwachses ergeben.

Ich füge bei, daß bei Stamm IV, an welchem wegen seines schon geschilderten abnormen Wachstums keine Zuwachsuntersuchungen ausgeführt werden konnten, der Durchmesserzuwachs vor der Zeit, ehe die das Wachstum hemmenden Ursachen in Wirkung traten, den gleichen Verlauf zeigt, wie bei Stamm I und II. Die 10 innersten Jahrringe haben auf dem Querschnitt in 0.3 m Höhe eine durchschnittliche Breite von 4.7 mm. Die Breite steigt in den beiden folgenden 10jährigen Perioden auf 6.1 mm und sinkt im weiteren Verlauf auf 5.1 und 2 mm.

In Tabelle III ist der Flächenzuwachs nach Alter und Höhe dargestellt. Aus den angeführten Zahlen ergiebt sich, daß der Flächenzuwachs mit dem Alter steigt, ein Maximum erreicht, und zwar bei Stamm I zwischen

Tabelle III.

Flächenzuwachs.

Höhe	Flächenzuwachs in qcm im Alter von						Flächenzuwachs in qcm im Alter von					
	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70
	Stamm I						Stamm II					
1.30	10.6	45.4	88.6	106.3	**128.5**	106.9	13.1	57.7	74.4	**92.5**	70.1	65.4
4.54	.	.	75.7	93.3	**95.9**	66.8	.	.	59.7	**77.5**	62.3	53.8
7.78	.	.	34.7	82.3	**93.0**	60.8	.	.	42.6	**72.9**	55.9	53.0
11.02	.	.	.	66.4	**89.0**	64.1	.	.	.	40.0	**46.7**	43.5
14.26	.	.	.	.	**52.5**	31.4	.	.	.	.	30.9	**36.3**
17.50	.	.	.	.	11.8	**17.3**	.	.	.	.	15.8	**23.7**

dem 50. und 60., bei Stamm II zwischen dem 40. und 50. Jahr, und dann fällt. Der Flächenzuwachs erreicht sein Maximum stets erst nach der Kulmination des Durchmesserzuwachses, da seine Größe nicht nur von der Breite des Zuwachsringes, sondern auch von dem mittleren Umfang desselben abhängig ist. Der Durchmesserzuwachs kulminiert nun aber sehr früh, zu einer Zeit, in welcher der mittlere Umfang des Zuwachsringes noch ziemlich klein ist, und eben diese geringe Größe des zweiten Faktors ist die Ursache, weßhalb der Flächenzuwachs nicht schon zur Zeit der Kulmination des Durchmesserzuwachses sein Maximum erreicht.

Wie von vornherein zu vermuten, nimmt der Flächenzuwachs mit der Höhe ab.

Der Massenzuwachs (Tabelle II) verfolgt in der Jugend eine steigende Tendenz. Er erreicht seine Maximalgröße bei Stamm I im 6., bei Stamm II im 5. Jahrzehnt. Von diesem Zeitpunkt an sinkt er. Daß dieses Sinken kein vorübergehendes ist, scheint mir daraus hervorzugehen, daß alle die Größe des Massenzuwachses bedingenden Faktoren, Flächenzuwachs, Höhenzuwachs, Formzahl nach dem 50. resp. 60. Jahr in Abnahme begriffen sind.

Dieser Verlauf des Massenzuwachses bei den Roteichen stimmt nicht mit dem diesbezüglichen Verhalten der Spessarteichen überein, bei welchen, wie Prof. Hartig konstatierte, noch im 246jährigen Alter der Massenzuwachs eine aufsteigende Richtung besitzt.

Die Formzahl der entrindeten Stämme ist von Jugend an im Sinken begriffen, welches zeitweise, sei es durch den erst spät eintretenden Schluß, oder auch durch Aufasten verlangsamt wird; so bei Stamm I zwischen dem 40. und 50., bei Stamm II zwischen dem 50. und 60. Jahr. Bei letzterem ist zwischen dem 60. und 70. Jahr die Formzahl sogar etwas im Steigen begriffen.

Die Behauptung, daß die Roteiche frühzeitig im Wachstum nachlasse, scheint mir durch die angeführten Untersuchungsresultate vollauf bestätigt zu sein.

Splint und Kern.

In der Abhandlung „Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes (Forstl. naturw. Zeitschr. 1894, Heft 1. 2. 4. 5.) hat Prof. Hartig in eingehendster Weise die Entstehung des Kernholzes aus dem Splintholz bei der Eiche auf Grund zahlreicher Untersuchungen erörtert. Ehe ich das quantitative Verhältnis des Splintholzes zum Kernholz bei den von mir untersuchten Stämmen behandle, will ich versuchen, die von Prof. Hartig gewonnenen Resultate in Kürze wiederzugeben.

Die Verkernung ist das Ergebnis zweier verschiedener Processe im Holz, einer Umwandlung von Stoffen und einer Einlagerung von solchen. Die Umwandlung von Stoffen findet in den verkernenden Splintringen statt. Die hier eingelagerte Stärke löst sich in Zucker auf und wird zum Wachstum der die Gefäße umgebenden Parenchymzellen verwendet. Diese Parenchymzellen wachsen durch die Tüpfel hindurch in die Gefäße hinein und verstopfen dieselben. Durch diesen Vorgang, den man als „Thyllenbildung" bezeichnet, verliert das Kernholz die Fähigkeit der Wasserleitung. Es ist anzunehmen, daß nicht alle vorhandene Stärke zur Bildung der Zellwände der Füllzellen aufgebraucht wird, sondern daß daneben noch eine Umwandlung derselben in Holzgummi stattfindet, welches in dem Lumen und in der Wandung der Holzzellen aufgespeichert wird.

Eine Substanzvermehrung kann durch diesen Vorgang nicht stattfinden, da einfach an Stelle der Stärke Zellwandungen und Holzgummi treten. Nun ist aber eine Substanzvermehrung bei der Verkernung unzweifelhaft nachgewiesen. Es muß also eine Zufuhr von Stoffen aus dem Splint erfolgen. Höchst wahrscheinlich spielen Gerbstoffe hierbei die Hauptrolle. Diese lagern sich — wenigstens der Hauptsache nach — zwischen die Micellen der Wandungen und erklärt sich hieraus sowohl die Erhöhung des specifischen Gewichts der Wandungssubstanz im Kernholz, als auch die Thatsache, daß der Kern beim Schwinden sich anders verhält, als der Splint. Da die Eichengerbstoffe sehr reich an Kohlenstoff sind, müßte eine Vermehrung des Kohlenstoffgehaltes im Kernholz eine notwendige Folge der Einlagerung von Gerbstoffen sein und ist es thatsächlich auch gelungen, eine solche nachzuweisen.

Tabelle IV.

Anteil des Splints am Stamm.

Höhe	Stamm I. 70jährig 29.6% Splint				Stamm II. 70jährig 33.8% Splint				Höhe	Stamm III. 24jährig 41.7% Splint			
	Ringzahl		Splintgröße		Ringzahl		Splintgröße			Ringzahl		Splintgröße	
	der Scheibe	des Splints	Breite d. Splintrings	Fläche desselben	der Scheibe	des Splints	Breite d. Splintrings	Fläche desselben		der Scheibe	des Splints	Breite d. Splintrings	Fläche desselben
			cm	qcm									
1.30	66	12	1.8	130.7	61	16	1.6	101.6	1.30	19	4	1.6	77.2
4.54	48	13	1.4	90.4	48	14	1.4	77.4	4.52	13	3	1.4	56.7
7.78	42	12	1.3	71.0	44	14	1.5	73.6	7.74	9	3	1.6	46.0
11.02	34	12	1.5	73.1	35	13	1.6	58.3	10.96	6	6	3.4	35.3
14.26	29	13	1.4	46.6	28	13	1.6	43.2	14.18	2	2	1.0	3.1
17.50	21	15	1.8	24.3	21	13	2.0	32.1	.	.	.	.	.
20.74	9	9	1.3	4.9	8	8	0.7	1.5	.	.	.	.	.

Ich gehe nun zu meinen Untersuchungen über den Anteil des Splints am Schaftinhalt über.

Von den drei Roteichen hatte der 70jährige Stamm I 29.6 % Splint, der 70jährige Stamm II 33.8 % und der 24jährige Stamm III 41.7%.

Auffallend gering ist der procentuale Anteil des Splints bei Stamm III. Nach Professor Hartig beträgt bei einem 33jährigen Eichenbestande des Spessarts das durchschnittliche Splintholzprocent 88.7 Auch die Roteichen I und II bleiben diesbezüglich hinter den Spessarteichen zurück, welche noch im 90. Jahr 35% Splintholz haben.

Bedenkt man, daß für die Nutzholzverwendung in den meisten Fällen nur das Kernholz in Betracht kommt, so ist in dem kleineren Splintprocent der Roteiche ein Moment gegeben, in welchem sie unserer Eiche gegenüber im Vorteil erscheint.

Die Zahl der Splintringe bleibt sich, wie aus Tabelle IV zu ersehen

in den verschiedenen Schafthöhen ziemlich gleich. Es läßt sich hier ebensowenig wie bei den Spessarteichen eine Gesetzmäßigkeit feststellen. Während aber bei letzteren in der Krone eine bedeutende Zunahme der Splintringe zu konstatieren war, möchte ich Bedenken tragen, dasselbe Gesetz für die Roteichen auf Grund der vorliegenden Zahlen aufzustellen, obgleich das geringe Alter der untersuchten Stämme die Ursache sein mag, daß das möglicher Weise bestehende Gesetz nicht zum klaren Ausdruck kommt.

Bezüglich der absoluten Breite des Splints gilt für den Schaft das von der Ringzahl Gesagte. In der Krone tritt eine Zunahme der Breite deutlich hervor.

Die Fläche des Splints nimmt gesetzmäßig von unten nach oben ab.

Bei der geringen Zahl der untersuchten Stämme ist der Einfluß des Alters auf Zahl der Splintringe, Breite des Splintes, sowie auf den procentualen Anteil des Splintholzes am Schaftinhalt kaum festzustellen, um so weniger, als 2 der Stämme gleichaltrig sind. Für die Spessarteichen hat Professor Hartig nachgewiesen, daß die Zahl der Splintringe mit höherem Lebensalter sich vergrößert, was auch bei den Roteichen der Fall zu sein scheint. Interessant und auffallend ist bei der 24jährigen Roteiche die außergewöhnlich geringe Zahl der Splintringe, 3 bis 4, bis zur Krone. Bezüglich der Breite des Splints läßt sich ein Vergleich zwischen der 24jährigen und den 70jährigen Roteichen deshalb nicht durchführen, weil dieselben auf verschiedenen Standorten sowohl, als unter verschiedenen Bestandsverhältnissen erwachsen sind. Die 4 bezw. 3 Splintringe des jungen Stammes III haben so ziemlich die gleiche absolute Breite, wie die 12 bis 14 Ringe der 70jährigen Stämme. Dagegen hat der Satz, daß mit zunehmendem Alter der procentuale Anteil des Splintes zu Gunsten des Kernholzes abnehme, ohne Zweifel für die Roteichen Giltigkeit.

Rindenbildung.

Die Rindenbildung kann bei den untersuchten Roteichen im allgemeinen als schwach bezeichnet werden. Nur Stamm I hat mit 17.7 ein im Vergleich zu den andern ziemlich hohes Rindenprocent, hinter welchem Stamm II mit 12, und Stamm III mit 11 % bedeutend zurückstehen. Besonders fällt das geringe Rindenprocent des 24jährigen Stammes auf. Während für unsere Eichen nach R. Hartig die Regel gilt, daß das Rindenprocent mit dem Alter abnehme, haben hier die 70jährigen Stämme eine relativ größere Rindenmasse, als der 24jährige. Diese eigenartige Thatsache erklärt sich indessen leicht aus den Wachstumsverhältnissen des Stammes III. Dieser ist außerordentlich rasch gewachsen. Er hat mit 24 Jahren eine Holzmasse, welche die jetzt 70jährigen Stämme erst gegen Mitte des 5. Jahrzehnts erreicht haben. Die lebende Rinde ist normal stark, Borkebildung hat erst ganz unbedeutend am unteren Stammteil bis in Brusthöhe stattgefunden. Alle Faktoren wirken hier also in dem

Sinne, das Rindenprocent möglichst herabzudrücken. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß, wenn die Borkebildung einmal weiter fortgeschritten ist, das Rindeprocent vorübergehend eine steigende Tendenz verfolgen wird. Aus der zufälligen Thatsache, daß hier der jüngste Stamm das kleinste Rindenprocent hat, ist also keineswegs der Schluß zu ziehen. daß die Roteiche bezüglich der Rindenbildung anderen Gesetzen folgt, als unsere Eichen, sondern es gilt der oben zitierte Satz von der Abnahme des Rindenprocents mit dem Alter zweifelsohne auch für die Roteiche.

Tabelle V.

Rindenbreite.

Höhe	Stamm I. Rindenprocent 17.7			Stamm II. Rindenprocent 12,0			Höhe	Stamm III. Rindenprocent 11,0		
	Borke	Lebende Rinde	Zusammen	Borke	Lebende Rinde	Zusammen		Borke	Lebende Rinde	Zusammen
		cm			cm				cm	
1.30	0.75	0.70	1.45	0.25	0.55	0.80	1.30	0.10	0.40	0.50
4.54	0.40	0.65	1 05	0.20	0.35	0.55	4.52	.	0.40	0.40
7.78	0.10	0.75	0.85	.	0.50	0.50	7.74	.	0.35	0.35
11.02	0.10	0.70	0.80	.	0.40	0.40	10.96	.	0.25	0.25
14.26	.	0.55	0.55	.	0.40	0.40	14.18	.	0.10	0.10
17.50	.	0.35	0.35	.	0.30	0.30	.	.	.	.
20.74	.	0.25	0.25	.	0.10	0.10	.	.	.	.

Die lebende Rinde zeigt für alle Höhen des Schaftes nur ganz unbedeutende Schwankungen in der Stärke, erst in der Krone macht sich schnelle Abnahme derselben bemerkbar.

Die Borkebildung ist eine sehr schwache. Stamm I hat nur in Brusthöhe etwas stärkere Borke, die aber mit der Höhe schnell abnimmt und über 11 m verschwindet. Die überaus schwache Borkebildung des Stammes II hört schon bei einer Höhe von 6 m auf. Bei Stamm III zeigt sich der Beginn der Borkebildung erst ganz am untersten Teil des Schaftes.

Anatomische Untersuchungen.

Das Holz der Roteiche unterscheidet sich von unserm Eichenholz vor allem durch die Farbe. Der Splint ist gelblichweiß mit einer leichten Beimischung von Rot oder Braun, der Kern karminrot mit braunem Anflug. Die Träger der roten Farbe sind hauptsächlich die Holzfaserbündel, während der Gefäßporenkreis und die das Herbstholz in radialen Zügen durchsetzenden Herbstholzgefäße und Tracheiden eine gelbrote Färbung haben. Das Holz erscheint deshalb in um so intensiverem Rot, je zahlreicher die Holzfasern vorhanden sind, und umgekehrt. Stamm III hat eine von diesen normalen Ver-

hältnissen abweichende Färbung des Holzes. Der Splint ist gelbbraun, der Kern braun. Ueber die Ursache dieser eigentümlichen Erscheinung bin ich gänzlich im Unklaren.

Auffallend groß ist bei allen 4 Stämmen (am wenigsten bei Stamm II) der Anteil der Markstrahlen. Wenn sich auch aus den neusten Untersuchungen von R. Hartig ergeben hat, daß bei derselben Holzart der procentuale Anteil der Markstrahlen am Jahrring je nach den Wuchsverhältnissen außerordentlichen Schwankungen unterliegt, so glaube ich doch behaupten zu können, daß der Anteil der Markstrahlen am Holz allgemein bei der Roteiche größer ist, als bei unseren Eichen.

Bei der Charakteristik des Roteichenholzes in seiner Abhandlung „Ueber die Anatomie des Eichenholzes" sagt Abromeit: „Die großen Gefäße sind in den concentrischen Kreisen meist in 3 Schichten zu bemerken."*) Ich kann diese Erscheinung auf Grund meiner Untersuchungen nicht als eine charakteristische Eigenschaft des Roteichenholzes betrachten; denn es ändert sich die Zahl der Schichten sowohl bei verschiedenen Individuen derselben Art, als bei demselben Individuum, und zwar im Zusammenhang mit den Verdunstungsverhältnissen. Bei Stamm IV, welcher eine sehr stark entwickelte Krone besaß, sind sehr häufig Jahrringe zu finden, welche 4 bis 5 concentrische Gefäßkreise enthalten, und bei den weniger vollkronigen Stämmen I und II stehen die Gefäße häufig nur in 2 Kreisen angeordnet. Meistens finden innerhalb eines Jahrrings Veränderungen derart statt, daß an den breiteren Stellen des Rings mehr concentrische Gefäßreihen sich vorfinden, als an den schmalen. Es hängt dies ohne Zweifel mit einer nicht allseitig gleichen Entwicklung der Krone zusammen, weshalb auf der einen Seite zwar mehr Bildungsstoffe zugeführt werden und der Ring hier breiter wird, andrerseits aber auch, um die stärkere Verdunstung zu befriedigen, eine größere Zahl von Gefäßen angelegt werden muß.

Sehr scharf treten bei manchen Roteichen die in peripherischen Linien das Herbstholz durchsetzenden Reihen des Strangparenchyms hervor. Bei Stamm I sind dieselben so deutlich sichtbar, daß sein Holz an das Ulmenholz erinnert, bei welchem bekanntlich die Herbstholzgefäße peripherisch angeordnet sind. Je dunkler die Rotfärbung des Holzes, desto schärfer heben sich die hellen Parenchymzellen ab. Helle Färbung des Holzes dagegen beeinträchtigt ihr Hervortreten stark, ja läßt sie für das unbewaffnete Auge gänzlich verschwinden.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, daß innerhalb derselben Holzart die Güte des Holzes im specifischen Gewicht zum Ausdruck kommt und zwar in der Art, daß mit steigendem specifischem Gewicht auch die Holzgüte zunimmt. Wenn dieser, durch alle Untersuchungen bestätigte, unzweifelhaft

*) Abromeit: Ueber die Anatomie des Eichenholzes. (Pringsheims Jahrbücher für wiss. Botanik XV. Band 1884. S. 251).

richtige Satz bis vor nicht langer Zeit in der Praxis häufig zu falschen Ansichten führte, so beruht dies einerseits darauf, daß man die Aenderungen des spec. Gew. innerhalb eines Stammes und zwischen Stämmen desselben Standorts und Bestandes nicht kannte, andrerseits darauf, daß zur Beurteilung der Holzgüte meist das spec. Lufttrockengewicht verwendet wurde. Nun ist aber der Zustand der Lufttrockenheit ein sehr dehnbarer Begriff. Wir nennen Holz lufttrocken, ob es 3 oder 30 Jahre, ob es in einem feuchten, oder in einem trockenen Raum aufbewahrt wurde. Daß darum auch, je nach Zeit und Verhältnissen, der Wassergehalt des „lufttrockenen" Holzes und in weiterer Folge die spec. Lufttrockengewichte sehr schwankende Größen sein müssen, liegt auf der Hand.

Durch eingehende Untersuchungen in den letzten 10 Jahren, vor allem von seiten R. Hartigs, wurden für verschiedene Holzarten die Aenderungen des spec. Gewichts an ein und demselben Baum und zwischen Bäumen desselben Bestandes festgestellt. Auch die zweite der oben angeführten Fehlerquellen wurde durch Prof. Hartig beseitigt, indem derselbe statt des spec. Lufttrockengewichts das spec. absolute Trockengewicht in Anwendung brachte. Dieses letztere wird dadurch erhalten, daß man das Gewicht des bei einer Temperatur von etwa 100° C. getrockneten Holzes durch sein Trockenvolumen dividiert.

Das Gewicht des absolut trockenen Holzes stellt das Gewicht der im Holz enthaltenen Substanz dar, da ja sämmtliches Wasser beseitigt worden ist, das Gewicht der die Hohlräume füllenden Luft aber außer Betracht bleiben kann. Durch Division des absoluten Trockengewichts mit dem Volumen des Holzes in frischem Zustand (vor Eintritt des Schwindens) und Multiplikation mit 100 erhält man den procentualen Anteil der Substanzmenge im Frischvolumen.

Spec. Trockengewicht und Substanzmenge im Frischvolumen dienen ohne Unterschied zur Beurteilung der Holzgüte.

Der Kürze wegen werde ich hinfort die Ausdrücke „specifisches Gewicht" und „Substanzmenge" anwenden und bemerke ausdrücklich, daß hierunter „spec. absolutes Trockengewicht" und „Substanzmenge im Frischvolumen" verstanden sind.

Ich werde im Folgenden zunächst die Aenderungen behandeln, welche specifisches Gewicht und Substanzmenge innerhalb desselben Individuums und zwischen verschiedenen Individuen erleiden. Hieran wird sich die Beschreibung der anatomischen Verhältnisse, insbesondere unter Hervorhebung des Anteils der einzelnen Gewerbsarten am Holz, anschließen.

Zur Ermittlung des spec. Gewichts und der Substanzmenge wurden, beginnend in 1.3 m Höhe und in Entfernungen von je 3 m, 20 cm starke Abschnitte den einzelnen Stämmen entnommen. Bei Stamm IV wurde die erste Stammwalze in 0.3 m Höhe geschnitten; der Abstand zwischen den

einzelnen Walzen betrug ebenfalls 3 m. Von den Stämmen I, II und III wurde außerdem der direkt über der Bodenoberfläche befindliche Teil des Schaftes untersucht.

Aus den so gewonnenen Abschnitten wurden je 2 Keile herausgespalten, welche, von diametral sich gegenüberliegenden Punkten der Peripherie ausgehend, bis in die Markröhre reichten. Die Splintpartie wurde vom Kernholz getrennt, damit die zwischen Splint und Kern bestehenden Unterschiede deutlich hervorträten, das Kernholz wurde in im allgemeinen 10 Jahresringe umfassende Stücke zerlegt. Es wurde zunächst das Volumen der einzelnen Stücke mittelst des Xylometers ermittelt, wobei die homologen Stücke der einem Stammabschnitt zugehörigen Keile zusammengefaßt wurden. Um das Eindringen von Wasser in die Gefäße während des Xylometrierens zu verhindern,waren die Querflächen zuvor mit einer Wachssalbe bestrichen worden. Nach mehrwöchentlichem Trocknen an der Luft wurden die Holzstücke in einem Trockenkasten bei annähernd 100° C. so lange getrocknet, bis eine Gewichtsabnahme infolge des Wasserverlustes sich nicht mehr konstatieren ließ, dann gewogen und wiederum xylometriert. Die Division des absoluten Trockengewichtes der Teilstücke durch ihr Trockenvolumen bezw. Frischvolumen ergab das spec. Trockengewicht bezw. die Substanzmenge derselben.

Da mir an der sorgfältigen Trennung von Splint und Kern gelegen war, die Zahl der Splintringe aber an demselben Baum mit der Höhe sich ändert, so ließ es sich naturgemäß nicht durchführen, daß die in den verschiedenen Stammhöhen sich entsprechenden einzelnen Teilstücke der Keile in den beiden äußersten Perioden genau die gleichen Jahrringe enthalten. Die für die Stämme I und II in der Tabelle VI angenommene Periodenteilung: 70 — 55, 55 — 50, . . . hat daher zwar im allgemeinen Giltigkeit, trifft jedoch nicht für jeden einzelnen Fall genau zu. Bei Stamm III kann wegen der geringen Schwankungen in der Zahl der Splintringe die angenommene Periodenteilung für jeden einzelnen Fall als zutreffend angesehen werden. Bei Stamm IV sind Schlüsse über die Aenderungen, welche innerhalb derselben Zuwachsperiode spec. Gewicht und Substanzmenge mit der Höhe erleiden, nur mit Vorsicht zu ziehen, da wegen des abnormen Wachstums dieses Stammes es schwer ist, die einer Zuwachsperiode angehörenden Stücke zusammen zu finden. Aus eben diesem Grunde habe ich die Berechnung des durchschnittlichen spec. Gewichts und der durchschnittlichen Substanzmenge für die einzelnen Zuwachsperioden unterlassen. Ich habe bei diesem Stamm die Jahrringbreiten in der Tabelle angeführt, da derselbe mir sehr geeignet schien, über den Einfluß der Jahrringbreite auf die Holzgüte Aufschluß zu geben.

Zur Ermittlung der Durchschnittswerte für die einzelnen Abschnitte ging man von der gewiß berechtigten Annahme aus, daß die für die Keile gefundenen Durchschnittswerte für den ganzen Abschnitt Giltigkeit haben. Frischvolumen, Trockenvolumen und Trockengewicht der Keile erhielt man durch

Addition der für die Teilstücke derselben festgestellten entsprechenden Zahlengrößen, und wurde hieraus spec. Gewicht und Substanzmenge der Keile berechnet. In gleicher Weise wurde bei der Aufstellung der Durchschnittswerte für die einzelnen Zuwachsperioden verfahren.

Behufs Berechnung der durchschnittlichen Substanzmenge eines ganzen Stammes wurden die untersuchten Abschnitte als die Mittenstücke 3.20 m langer Sektionen angesehen, und wurde der für einen Abschnitt gefundene Gehalt an Substanz als Durchschnittsgehalt der ganzen Sektion angenommen. Durch Multiplikation der durchschnittlichen Substanzmenge einer Sektion mit dem Frischvolumen derselben ergab sich die Substanzmenge im Frischvolumen dieser Sektion. Diese Berechnung wurde für jede Sektion durchgeführt und die Produkte wurden addiert. Die Summe der Produkte stellt die Substanzmenge im Frischvolumen des ganzen Stammes dar. Durch Division der gesammten Substanzmenge des Stammes mit seinem Inhalt erhielt man die durchschnittliche Substanzmenge des Stammes.

Die Berechnung des durchschnittlichen spec. Trockengewichts eines Stammes wurde analog durchgeführt, indem an Stelle der durchschnittlichen Substanzmenge einer Sektion das durchschnittliche spec. Trockengewicht derselben als Faktor in die Rechnung eingeführt wurde. Da das Trockenvolumen des ganzen Stammes nicht bekannt ist, so mußten die Frischvolumina bei der Rechnung verwendet werden. Es würde dies ohne Anstand zulässig sein, wenn der Stamm in den verschiedenen Höhen gleiches Schwindeprocent besäße. Da dies nicht der Fall ist, so sind die gewonnenen Zahlen nicht absolut richtig. Bei den geringen Schwankungen der Schwindeprocente mit der Höhe aber ist der Fehler nicht groß und stellen deshalb die Zahlen immerhin brauchbare Durchschnittswerte dar.

Specifisches Trockengewicht und Substanzmenge nehmen im allgemeinen den gleichen Verlauf und dienen, wie schon erwähnt, innerhalb derselben Holzart ohne Unterschied zur Beurteilung der Holzgüte. Ich werde im Folgenden der Einfachheit halber nur die Substanzmenge im Frischvolumen eingehender behandeln, des spec. Trockengewichts nur gelegentlich Erwähnung thun.

Innerhalb desselben Stammes findet eine Abnahme der Substanzmenge mit zunehmendem Alter, also von innen nach außen, statt. In der Jugend wird das substanzreichste Holz gebildet. Dieses Gesetz tritt klar und deutlich bei den Stämmen I und II hervor; bei Stamm IV ist es infolge des eigentümlichen Wachstumsgangs stellenweise verschleiert. Es mag auffallen, daß bei Stamm III in den ersten 20 Jahren leichteres Holz erzeugt wurde, als in den folgenden; indessen wird diese Erscheinung sich ohne Schwierigkeiten aus den Wachstumsverhältnissen erklären lassen.

Bei den Stämmen I, III, IV läßt sich eine gesetzmäßige Aenderung der Substanzmenge mit der Höhe innerhalb des astfreien Schaftes nicht konstatieren, bei Stamm II dagegen scheint mir im Kernholz eine Gesetzmäßigkeit unver-

kennbar: im astfreien Schaft ist das schwerste Holz zunächst am Wurzelstock; von da an sinkt das Holzgewicht bis über Brusthöhe und steigt von da stetig bis zur Krone.

Innerhalb der Krone ist bei allen Stämmen eine starke Gewichtszunahme nach oben zu bemerken.

Stamm I hat schwereres und somit besseres Holz, als der mit ihm auf dem gleichen Standort erwachsene, gleichaltrige Stamm II. Sein Holz übertrifft im Jugendstadium auch das des 24jährigen, breitringigen Stammes III, bei welch' letzterem indeß, wie ich schon angeführt, die Substanzmenge vom 20. Jahr an bedeutend in Zunahme begriffen ist. Das schlechteste Holz hat Stamm IV, der breitringigste aller Stämme, aufzuweisen.

Nach den Untersuchungen von Prof. Hartig zeigt das Holz der Spessarteichen im annähernd gleichen Alter keine wesentlichen Verschiedenheiten in der Substanzmenge gegenüber der Roteiche. So schwankt bei den 5 Klassenstämmen des 90jährigen Eichhain die Substanzmenge zwischen 64.9 und 56.6 und beträgt im Durchschnitt dieser 5 Stämme 60.0. Die untersuchten 3 Klassenstämme des 98jährigen Weißenstein besitzen eine durchschnittliche Substanzmenge von 55.0.

Das Roteichenholz setzt sich aus den gleichen Elementarorganen zusammen, wie das Holz unserer Eichen, aus Gefäßen, Tracheiden, Holzfasern und Parenchymzellen. Eine ausführliche Charakteristik dieser Organe liegt außerhalb der Grenzen dieser Arbeit. Zudem haben dieselben in den vorhandenen Arbeiten über die Anatomie des Eichenholzes eingehende Behandlung gefunden, und verweise ich auf die diesbezüglichen Abhandlungen von R. Hartig, Abromeit, Kny, Straßburger.*) Nur hinsichtlich der Nomenclatur der Tracheiden und Holzfasern möchte ich einiges bemerken. Die ersteren dienen bekanntlich der Wasserleitung, die letzteren der mechanischen Festigung. Beide sind behöft getüpfelt und haben intakte Querwände. Zwischen ihnen finden Uebergänge statt, die es oft zweifelhaft erscheinen lassen, ob eine Zelle den Tracheiden oder Holzfasern zuzurechnen ist. Es unterliegt somit kaum einem Bedenken, daß wir es nur mit einer Zellart zu thun haben, welche, ihren zwei Verwendungszwecken entsprechend, zwei verschiedene Zellformen ausgebildet hat. Die Holzfasern haben also den gleichen Anspruch auf die Bezeichnung „Tracheiden", wie die der Wasserbewegung dienenden tracheidalen Organe. Straß-

*) R. Hartig: Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche. S. 92 ff.

Abromeit: Ueber die Anatomie des Eichenholzes. In Pringsheims Jahrb. für wiss. Bot. XV. S. 209.

Kny: Wandtafeln. Abth. VII.

Straßburger: Ueber d. Bau und d. Verrichtungen d. Leitungsbahnen d. Pfl. S. 266.

Tabelle VI.

Specifisches Trockengewicht, Substanzmenge, Schwindeprocent.

Höhe	Splint 70—55			Kern 55—50			Kern 50—40			Kern 40—30			Kern 30—x			Ganzer Querschnitt		
	Spec. Trocken-Gewicht	Substanzmenge	Schwinde-procent	Spec. Trocken-Gewicht	Substanzmenge	Schwinde-procent	Spec. Trocken-Gewicht	Substanzmenge	Schwinde-procent	Spec. Trocken-Gewicht	Substanzmenge	Schwinde-procent	Spec. Trocken-Gewicht	Substanzmenge	Schwinde-procent	Spec. Trocken-Gewicht	Substanzmenge	Schwinde-procent
Stamm I. Kronenansatz bei 15 m Höhe.																		
0.30	0.722	59.3	17.8	0.694	59.2	14.7	0.713	60.1	15.7	0.750	62.5	16.8	0.801	64.1	19.9	0.725	60.6	16.5
1.30	0.674	56.1	16.5	0.684	59.4	13.1	0,708	62.5	11.7	0.726	63.1	13.1	0.739	63.4	14.3	0.704	60.9	13.5
4.54	0.653	55.8	14.5	0.706	62.6	10.3	0.715	61.8	13.6	0.726	61.6	14.7	0.737	63.9	13.1	0.705	60.9	13.7
7.78	0.661	56.1	15.1	0.729	63.6	12.8	0.742	64.0	13.7	0.738	65.2	11.7	.	.	.	0.719	62.1	13.6
11.02	0.706	60.2	14.8	0.721	62.1	13.7	0.701	60.8	13.3	.	.	.	.	.	.	0.710	60.1	14.0
14.26	0.652	57.5	11.9	0.689	60.1	12.8	0.725	62.2	13.5	.	.	.	.	.	.	0.681	59.5	12.6
17.50	0.799	66.9	16.2	0.847	70.6	16.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.803	67.3	16.3
Im Durchschnitt	0 696	58.8	15.5	0.704	60.9	13.5	0.716	61.6	13.9	0.739	62.6	15.2	0.767	63.9	16.7	**0.709**	**60.2**	.
Stamm II. Kronenansatz bei 11 m Höhe.																		
0.30	0:661	54.8	17.1	0.670	58.6	12.6	0.698	60.3	13.3	0.741	61.2	17.3	.	.	.	0.683	58.2	14.9
1.30	0.667	55.5	16.8	0.624	53.5	14.2	0.658	56.2	14.6	0.681	58.4	14.3	0.697	63.7	8.6	0.660	55.9	15.3
4.54	0.649	54.4	16.2	0.638	55.1	13.6	0.668	57.4	14.0	0.677	61.9	8.6	.	.	.	0.655	56.4	13.9
7.78	0.629	53.6	14.6	0.644	56.2	12.7	0.682	59.1	13.3	0.684	62.8	8.2	.	.	.	0.656	57.0	13.2
11.02	0.679	56.7	16.5	0.668	57.6	13.8	0.677	63.5	6.2	.	.	.	.	.	.	0.675	58.8	13.0
14.26	0.661	56.0	15.4	0.673	58.2	13.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.667	57.1	14.4
17.50	0.761	64.5	15.3	0.810	69.8	13.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.769	65.3	15.0
Im Durchschnitt	0.674	56.6	16.1	0.661	57.3	13.3	0.679	59.2	12.9	0.701	60.4	13.9	0.697	63.7	8.6	**0.662**	**56.8**	.

Tabelle VI.

Höhe	Splint				Die folg. 10 Ringe				Die folg. 10 Ringe				Die folg. 10 Ringe				Die folg. 10 Ringe				Die folg. 10 Ringe				Ganzer Querschnitt		
	Ringbreite	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeprocent	Ringbreite	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeprocent	Ringbreite	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeprocent	Ringbreite	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeprocent	Ringbreite	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeprocent	Ringbreite	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeprocent	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeprocent
mm.	Stamm IV. Kronenansatz bei 13 m. Höhe.																										
0.3	0.9	0.583	49.1	15.8	2.4	0.662	58.5	11.7	5.9	0.679	58.4	13.9	6.0	0.660	56.6	14.3	5.8	0.654	56.0	14.3	2.7	0.685	59.7	12.9	0.657	56.6	14.0
3.5	1.3	0.518	46.0	11.2	2.6	0.593	55.9	11.1	5.4	0.645	57.0	11.6	6.4	0.692	59.8	13.7	4.7	0.662	56.9	14.0	.	.	.	.	0.637	55.9	12.2
6.7	0.7	0.525	44.9	14.5	2.5	0.583	52.2	10.4	6.3	0.636	56.2	11.6	4.0	0.654	57.6	11.9	.	.	.	.	.	.	.	.	0.619	54.6	11.8
9.9	0.8	0.601	50.8	15.5	3.7	0.627	56.5	9.9	3.0	0.636	57.1	10.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.624	55.5	11.1
13.1	0.6	0.618	53.0	14.2	2.0	0.682	60.6	11,2	3.2	0.681	58.5	14.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.666	58.1	12.6
16.3	1.0	0.653	55.6	14.8	2.7	0.594	52.3	12.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	,	.	.	.	.	.	0.621	53.8	13.4

Stamm III. Kronenansatz bei 10 m Höhe.

Höhe	Splint 24—20			20—x			Ganzer Querschnitt		
	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeproc.	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeproc.	Spec. Tr.-G.	Substanz.	Schwindeproc.
0.30	0.775	60.2	22.3	0.726	60.0	17.3	0.751	60.1	20.0
1.30	0.779	63.7	18.2	0.715	61.6	13.9	0.736	62.3	15.4
4.52	0.801	65.7	17.9	0.707	61.9	12.4	0.738	63.2	14.3
7.74	0.755	62.9	16.7	0.681	60.7	10.9	0.721	61.9	14.1
10.96	0.782	65.5	16.3	.	.	.	0.782	65.5	16.3
Im Durchschnitt	0.777	62.9	19.0	0.712	61.0	14.4	**0.741**	**61.2**	

burger legt ihnen daher den Namen „Faserтracheiden" im Gegensatz zu „Leitungstracheiden" bei.*) Ich werde in meiner Arbeit die Bezeichnung „Holzfasern" beibehalten, da dieselbe bis jetzt fast allgemein üblich war und auch in den von mir speciell zur Vergleichung beigezogenen Schriften R. Hartigs zur Anwendung kam. In seiner neusten Abhandlung über das Eichenholz des Spessarts hat Prof. Hartig die Holzfaserbündel auch als „Sclerenchym" bezeichnet, und werde ich mir diese Benennung aneignen, wo es darauf ankommt, meine Arbeit in möglichste Uebereinstimmung mit der erwähnten Hartig'schen Abhandlung zu bringen.

Erwägt man die verschiedene Beschaffenheit der das Holz zusammensetzenden Zellarten, vor allem die gewaltigen Schwankungen in dem Verhältnis von Zellwandung zum Zelllumen zwischen Gefäßen und Holzfasern, so ist a priori die Vermutung berechtigt, daß der Anteil der einzelnen Gewebsarten am Holz von Einfluß sein müsse auf das Gewicht und somit auf die Güte desselben. Es war deshalb von Wichtigkeit, den procentualen Anteil der Gefäße, Tracheiden, Holzfasern und Parenchymzellen am Holz festzustellen, und zwar geschah dies in den verschiedenen Stammhöhen für je 10jährige Perioden in der Art, daß unter Vermeidung der großen Markstrahlen, deren Anteil später in einem besonderen Verfahren ermittelt wurde, mit einem Scalpell Querlamellen geschnitten wurden. Nun wurde für mindestens 10 Gesichtsfelder, meist aber für alle 10 Jahrringe die Zahl der Gefäße im Frühjahrsholz ermittelt und an 30 bis 40 Gefäßen der Durchmesser der Lumina mittelst eines Ocularmikrometers gemessen, ferner die Größe der von den Holzfasern eingenommenen Flächen teils durch Messung, teils durch Schätzung festgestellt. Die so für das Gesichtsfeld (1.8 qmm) gewonnenen Zahlengrößen wurden auf 1 qmm reduziert. Der Anteil der Herbstholzgefäße, Tracheidenzüge, des Strangparenchyms und der nur unter dem Mikroskop sichtbaren Markstrahlen wurde indirekt gefunden durch Subtraktion der für Gefäße und Holzfasern gefundenen Procente von 100. Das Strangparenchym und die nur eine oder zwei Zellen breiten Markstrahlen wurden mit den Tracheiden zusammengefaßt, da es nicht möglich ist, ihren Anteil in einem besonderen Ermittlungsverfahren festzustellen, und da ja auch gemäß der Beschaffenheit der Parenchymzellen ihr Einfluß auf das Holzgewicht ähnlich sein muß, wie der der Tracheiden.

Bei Stamm IV wurde der Anteil der Gewebe nicht für 10jährige Perioden festgestellt. Es schien mir von Interesse, den Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und der Bildung der verschiedenen Elementarorgane klarzulegen, und hiezu war Stamm IV mit seinen innerhalb weiter Grenzen schwankenden Jahrringbreiten besonders geeignet. Es wurde deßhalb hier die Periodenteilung mit Rücksicht auf die Ringbreiten vorgenommen und zwar so, daß die einzelnen Perioden Jahrringe von annähernd gleicher Breite enthielten. In der Ta-

*) Straßburger: Ueber den Bau ꝛc. S. 267 ff.

belle VIII sind darum auch für die Perioden von Stamm IV stets die Ringbreiten mit angeführt.

Die Ermittlung des Anteils der großen, aus mehreren neben einander liegenden Zellreihen gebildeten Markstrahlen erfolgte in der Weise, daß für die Mitte der 10jährigen Perioden auf meistens 20 cm Umfang mit Hilfe von Lupe und Maßstab Zahl und Breite der Markstrahlen festgestellt wurde. Diese Ermittlung wurde auf der untersten Scheibe jedes Stammes für alle Perioden, auf den übrigen Scheiben nur für die äußerste Periode durchgeführt.

Bei Stamm IV wurden auch zu diesem Zweck die Perioden so ausgewählt, daß der Einfluß der Zuwachsgröße auf die Markstrahlbildung deutlich hervortreten könne.

Bei der Untersuchung des Eichenholzes vom Spessart hat Professor Hartig die procentualen Anteile der Frühjahrsholzgefäße, Tracheiden und Holzfasern bezw. des Sclerenchyms ohne Berücksichtigung des Anteils der großen Markstrahlen berechnet. Ich werde, damit meine Resultate mit jenen vergleichbar sind, ebenso verfahren. Doch gebe ich zugleich in einer zweiten Tabelle dieselben Zahlen unter Hereinziehung des Anteils der großen Markstrahlen.

Bei Betrachtung der anatomischen Verhältnisse handelte es sich des Weiteren darum, die Größenverhältnisse der einzelnen Zellarten und ihre Veränderungen mit dem Alter und der Höhe festzustellen, da diese Veränderungen nicht ohne Einfluß auf das Holzgewicht sind. Die diesbezüglichen Untersuchungen wurden an den Stämmen I, II und IV vorgenommen; Stamm III war für den vorliegenden Zweck zu jung. Kleine Holzstückchen aus den zu untersuchenden Jahrringen wurden durch Kochen mit Schulze'scher Lösung (chlorsaures Kali und Salpetersäure) zum Zerfallen gebracht, und wurde die Länge von je 30 Gefäßgliedern, Tracheiden und Holzfasern gemessen. Die Auswahl der Jahrringe ist aus der Tabelle ersichtlich. Bei Stamm IV war hierbei wiederum die Frage maßgebend, ob vielleicht die Ringbreite auf die Länge der Organe Einfluß ausübe.

Messungen der Gefäßlumina im Querschnitt waren schon bei der Bestimmung des Anteils der Gefäße am Holz vorgenommen worden. Für Tracheiden und Holzfasern wurden solche Messungen nicht durchgeführt.

Was zunächst den procentualen Anteil der Gefäße im Frühjahrsholz anlangt, so steigt derselbe mit dem Alter. In der Umgebung der Markröhre ist er am geringsten, in der Peripherie am größten. Da der Flächenzuwachs nach oben gesetzmäßig abnimmt, so sollte man erwarten, daß mit der Höhe der Anteil der Gefäße im astreinen Schaft zunehme. Dies ist jedoch nicht der Fall: es ist ein gesetzmäßiger Verlauf in dieser Beziehung nicht festzustellen; die Zahlen schwanken zwischen im allgemeinen ziemlich engen Grenzen. Dagegen ist in der Krone, besonders im oberen Teil derselben, eine starke Abnahme zu konstatieren.

Tabelle VII.

Gefäße im Frühjahrsholz.

Höhe	Altersperiode 70—60				60—50				50—40				40—30				30—20				20—x			
	Zahl pro qmm	Durchmesser in 0.01 mm	Querfläche in 0.01 qmm	Proc.-Anteil	Zahl pro qmm	Durchmesser in 0.01 mm	Querfläche in 0.01 qmm	Proc.-Anteil	Zahl pro qmm	Durchmesser in 0.01 mm	Querfläche	Proc.-Anteil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Anteil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Anteil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Anteil
Stamm I.																								
1.30	3.1	25.0	4.91	15.0	2.6	22.8	4.08	10.4	2.1	26.7	5.60	11.5	1.9	22.4	3.94	7.7	2.4	20.6	3.33	7.9	6.2	16.5	2.14	13.2
4.54	3.3	23.2	4.23	13.8	2.4	22.5	3.98	9.5	2.2	21.6	3.66	8.2	2.3	23.0	4.16	9.7	2.4	17.3	2.35	5.7	.	.	.	.
7.78	3.9	24.8	4.83	18.8	2.6	25.2	4.99	12.7	1.9	23.1	4.19	7.9	3.2	16.1	2.04	6.4	.	.	.	.	.	.	.	.
11.02	3.6	23.1	4.19	14.9	2.6	23.3	4.26	10.9	2.6	20.2	3.21	8.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14.26	4.6	19.0	2.84	12.9	4.1	21.6	3.66	14.8	3.8	15.3	1.84	7.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17.50	2.9	19.5	2.99	8.6	5.7	12.4	1.21	6.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20.74	7.3	11.9	1.11	8.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stamm II.																								
1.30	4.6	23.6	4.37	19.9	3.8	24.3	4.64	17.5	3.0	22.5	3.98	11.9	2.7	23.9	4.49	11.9	2.3	18.9	2.81	6.4	3.4	11.9	1.11	3.8
4.54	3.5	26.9	5.68	19.9	3.2	25.3	5.03	16.2	2.1	24.4	4.68	9.6	2.3	22.8	4.08	9.5	3.1	15.5	1.89	5.9	.	.	.	.
7.78	2.8	27.4	5.90	16.4	2.7	27.1	5.77	15.4	2.8	25.6	5.15	14.3	3.2	20.2	3.21	10.2	.	.	.	.	.	.	.	.
11.02	3.7	25.6	5.15	18.9	3.1	24.0	4.52	14.1	3.1	20.3	3.24	9.9	3.6	12.8	1.29	5.0	.	.	.	.	.	.	.	.
14.26	3.3	24.2	4.60	15.3	4.3	20.8	3.40	14.6	3.8	17.8	2.49	9.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17.50	5.5	22.7	4.05	22.3	6.2	12.3	1.19	7.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20.74	15.0	9.0	0.64	9.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Stamm III.

	Altersperiode 24—14				14—x			
1.30	1.6	23.3	4.26	6.9	1.8	12.5	1.23	2.2
4.52	1.4	23.3	4.26	5.9	.	.	.	.
7.74	2.7	20.1	3.17	8.4	.	.	.	.
10.96	2.2	14.1	1.56	3.4	.	.	.	.

Höhe	Zahl pro qmm	Durchmesser in 0.01 mm	Querfläche in 0.01 qmm	Proc.-Antheil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Antheil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Antheil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Antheil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Antheil	Zahl pro qmm	Durchmesser	Querfläche	Proc.-Antheil
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr.=0.7 mm				Die folg. 10 Ringe Jahrringbr.=2.4 mm				Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 6 mm				Die folg. 10 Ringe Jahrringbr.=6.4 mm				Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 6 mm				Die letzten 9 Ringe Jahrringbr.=2.7 mm			
0.3	6.2	21.8	3.73	23.1	3.2	21.6	3.66	11.7	1.6	24.1	4.56	7.3	1.4	24.1	4.56	6.4	1.7	19.8	3.08	5.2	4.1	15.9	1.99	8.1
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr.=0.7 mm				Die folg. 10 Ringe Jahrringbr.=2.2 mm																			
3.5	5.7	22.5	3.98	22.7	3.0	25.9	5.27	15.8																
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr.=0.9 mm				Die folg. 10 Ringe Jahrringbr.=3.1 mm																			
6.7	5.2	23.4	4.30	22.4	2.6	24.4	4.68	12.2																
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr.=0.8 mm				Aus den folg. 26 R. Jahrringbr.=3.4 mm																			
9.9	6.9	23.6	4.37	30.2	2.3	25.9	5.27	12.1																
	Die 19 äuß. Ringe Jahrringbr.=0.6 mm				Die folg. 10 Ringe Jahrringbr.=1.5 mm				Die folg. 15 Ringe Jahrringbr.=2.5 mm															
13.1	7.4	21.1	3.50	25.9	4.6	24.1	4.56	21.0	3.3	21.6	3.66	12.1												
	Die 6 äuß. Ringe Jahrringbr.=1.5 mm				Die folg. 12 Ringe Jahrringbr.=0.6 mm				Die 13 letzten Ringe Jahrringbr. = 2 mm															
16.3	2.2	22.0	3.80	8.4	7.5	19.1	2.87	21.5	4.6	19.1	2.87	13.2												

Der procentuale Anteil der Gefäße ist naturgemäß von der Zahl der Gefäße pro qmm und der Größe ihrer Durchmesser abhängig. Die Zahl der Gefäße pro qmm ist in der Nähe der Markröhre am größten, sinkt mit der Entfernung von derselben rasch und bleibt ziemlich konstant bis etwa zum 50. oder 60. Jahr. Von da an ist eine Zunahme festzustellen. Gerade die Zahl der Gefäße pro qmm scheint mir mit der Größe des Flächenzuwachses in engem Zusammenhang zu stehen. Bei Stamm II nimmt in der Höhe von 14.26 m und von 17.50 m die Zahl der Gefäße pro qmm — entgegen dem Verhalten in den übrigen Baumhöhen — von innen nach außen ab, während zugleich der Flächenzuwachs — ebenfalls im Gegensatz zu dem Verhalten in den übrigen Baumhöhen — von innen nach außen zunimmt.

Für verschiedene Schafthöhen findet eine gesetzmäßige Aenderung der Gefäßzahl pro qmm nicht statt. In der Krone dagegen nimmt die Zahl der Gefäße pro qmm, besonders im äußersten Gipfel, stark zu. Es tritt dies klar bei den Stämmen I und II hervor.

Die Durchmesser der Gefäßlumina sind in der Jugend am kleinsten. Auch in der Nähe der Markröhre finden sich stets Gefäße von sehr geringem Durchmesser der Lumina. Bis zum 30. oder 40. Jahre nehmen die Durchmesser dann rasch zu und bleiben von dieser Zeit an ziemlich konstant.

In den verschiedenen Schafthöhen zeigen die Durchmessergrößen keinen gesetzmäßigen Verlauf; dagegen nehmen sie in der Krone deutlich ab.

Der Anteil des Sclerenchyms am Holz ist im allgemeinen in der Jugend am größten und nimmt mit dem Alter stetig ab. Er zeigt also gerade den entgegengesetzten Verlauf, wie der Anteil der Gefäße. Dabei können die Unterschiede zwischen den Anteilen in der Jugend und im Alter sehr bedeutend sein. Bei Stamm II nimmt bis zum 20. Jahr das Sclerenchym in Brusthöhe durchschnittlich 63.9% der Fläche ein, vom 60. bis zum 70. Jahr dagegen nur noch 14.6%.

Wenn bei Stamm I bis zum 20. Jahr ein geringerer Procentsatz von Sclerenchym gebildet wurde, als in den folgenden vier Dezennien, so ist dies ohne Zweifel auf eine starke Kronenbildung in der Jugend zurückzuführen; dazu kommt als zweiter Grund eine weniger reichliche Zufuhr von mineralischen Nährstoffen, veranlaßt durch Verlust von Wurzeln bei der Versetzung aus dem Pflanzbeet in den Bestand, durch welche, wie ich bei Besprechung des Höhenzuwachses hervorgehoben, der Baum im Wachstum geschädigt wurde.

In den verschiedenen Höhen des astfreien Schaftes findet bald eine Zunahme, bald eine Abnahme des Sclerenchyms statt, dagegen steigt der Anteil desselben in der Krone.

Die Thatsache, daß die Veränderungen im Holzgewicht genau der Verteilung des Sclerenchyms im Stamme entsprechen, ist der beste Beweis für den Zusammenhang zwischen dem Holzgewicht und dem anatomischen Bau des

Tabelle VIII.

Anteil der Frühjahrsholzgefäße, der Tracheidenzüge, des Sklerenchyms.

Höhe	Altersperiode 70—60			60—50			50—40			40—30			30—20			20—x		
	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.
Stamm I. Kronenansatz bei 15 m.																		
1.30	15.0	42.2	42.8	10.4	36.0	53.6	11.5	33.3	55.2	7.7	29.1	63.2	7.9	28.4	63.7	13.2	34.9	51.9
4.54	13.8	42.9	43.3	9.5	34.2	56.3	8.2	29.9	61.9	9.7	31.4	58.9	5.7	24.7	69.6	.	.	.
7.78	18.8	43.8	37.4	12.7	42.9	44.4	7.9	40.2	51.9	6.4	35.1	58.5	.	.	.	.	.	.
11.02	14.9	45.8	39.3	10.9	41.9	47.2	8.2	39.6	52.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14.26	12.9	42.8	44.3	14.8	34.4	50.8	7.1	32.7	60.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17.50	8.6	26.1	65.3	6.8	34.2	59.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20.74	8.2	44.6	47.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stamm II. Kronenansatz bei 11 m.																		
1.30	19.9	65.5	14.6	17.5	59.6	22.9	11.9	36.2	51.9	11.9	32.3	55.8	6.4	32.5	61.1	3.8	32.3	63.9
4.54	19.9	58.2	21.9	16.2	40.7	43.1	9.6	37.9	52.5	9.5	30.6	59.9	5.9	30.0	64.1	.	.	.
7.78	16.4	47.2	36.4	15.4	40.3	44.3	14.3	36.7	49.0	10.2	34.1	55.7	.	.	.	.	.	.
11.02	18.9	38.4	42.7	14.1	41.1	44.8	9.9	31.1	59.0	5.0	27.9	67.1	.	.	.	.	.	.
14.26	15.3	49.1	35.6	14.6	35.1	50.3	9.6	32.1	58.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17.50	22.3	45.6	32.1	7.3	38.6	54.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20.74	9.6	41.1	49.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stamm III. Kronenansatz bei 10 m.																		

Höhe	Altersperiode 24—14			14—x		
	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.	Gefäße	Trach. Züge	Sklerench.
1.30	6.9	37.8	55.3	2.2	28.9	68.9
4.52	5.9	33.6	60.5			
7.74	8.4	31.5	60.1			
10.96	3.4	28.8	67.8			

Höhe	Gefäße	Trach. Züge	Sklerenchym	Gefäße	Trach. Züge	Sklerenchym	Gefäße	Trach. Züge	Sklerenchym	Gefäße	Trach. Züge	Sklerenchym	Gefäße	Trach. Züge	Sklerenchym	Gefäße	Trach. Züge	Sklerenchym
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr. = 0.7 mm			Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 2.4 mm			Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 6 mm			Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 6.4 mm			Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 6 mm			Die folg. 9 Ringe Jahrringbr. = 2.7 mm		
0.30	23.1	67.8	9.1	11.7	60.5	27.8	7.3	67.0	25.7	6.4	69.3	24.3	5.2	52.1	42.7	8.1	46.1	45.8
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr. = 0.7 mm			Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 2.2 mm														
3.50	22.7	65.1	12.2	15.8	45.6	38.6												
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr. = 0.9 mm			Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 3.1 mm														
6.70	22.4	62.0	15.6	12.2	46.5	41.3												
	Die äuß. 13 Ringe Jahrringbr. = 0.8 mm			Aus den folg. 26 R. Jahrringbr. = 3.4 mm														
9.90	30.2	56.7	13.1	12.1	38.0	49.9												
	Die äuß. 19 Ringe Jahrringbr. = 0.6 mm			Die folg. 10 Ringe Jahrringbr. = 1.5 mm			Die folg. 15 Ringe Jahrringbr. = 2.5 mm											
13.1	25.9	49.3	24.8	21.0	51.8	27.2	12.1	34.3	53.6									
	Die äuß. 6 Ringe Jahrringbr. = 1.5 mm			Die folg. 12 Ringe Jahrringbr. = 0.6 mm			Die 13 letzten Ringe Jahrringbr. = 2 mm											
16.3	8.4	33.2	58.4	21.5	54.2	24.3	13.2	40.3	46.5									

Tabelle VIIIa.

Anteil der Gewebe am Holz der verschied. Altersperioden in 1.3 m Höhe.

Altersperiode	Stamm I.				Stamm II.				Altersperiode	Stamm III.			
	Gefäße	Trach.-Züge	Sklerenchym	Markstrahlen	Gefäße	Trach.-Züge	Sklerenchym	Markstrahlen		Gefäße	Trach.-Züge	Sklerenchym	Markstrahlen
70—60	12.9	36.4	36.9	13.8	18.1	59.4	13.3	9.2	24—14	5.9	32.2	47.2	14.5
60—50	9.1	31.6	47.0	12.8	16.1	54.8	21.1	8.0	14—x	2.0	25.8	61.5	10.7
50—40	10.0	28.9	47.9	13.2	10.8	33.0	47.2	9.0					
40—30	6.6	25.1	54.4	13.9	10.9	29.6	51.1	8.4					
30—20	7.0	25.0	56.2	11.8	5.8	29.7	55.8	8.7					
20—x	11.6	30.5	45.4	12.5	.	.	.	.					

Anteil der Gewebe in den verschied. Höhen der 10 äußersten Ringe.

Höhe	Stamm I.				Stamm II.				Höhe	Stamm III.			
	Gefäße	Trach.-Züge	Sklerenchym	Markstrahlen	Gefäße	Trach.-Züge	Sklerenchym	Markstrahlen		Gefäße	Trach.-Züge	Sklerenchym	Markstrahlen
1.30	12.9	36.4	36.9	13.8	18.1	59.4	13.3	9.2	1.30	5.9	32.2	47.2	14.5
4.54	12.4	38.4	38.8	10.4	18.4	53.9	20.3	7.4	4.52	5.1	29.2	52.7	13.0
7.78	17.1	39.8	34.0	9.1	15.3	44.0	34.0	6.7	7.74	7.3	27.4	52.3	13.0
11.02	13.5	41.4	35.6	9.5	17.8	36.2	40.2	5.8	10.96				
14.26	12.0	39.9	41.2	6.9	14.3	45.9	33.3	6.4					
17.50	8.1	24.6	61.6	5.7	21.0	42.9	30.2	5.9					

Holzes. Je mehr ein Baum Holzfasern ausbildet, desto besser muß sein Holz sein.

Es ist darum die Frage, von welchen Verhältnissen die Ausbildung des Sclerenchyms abhängt, nicht nur von hohem wissenschaftlichem Interesse, sondern auch bedeutsam für die Praxis.

Bevor ich zur Beantwortung der aufgeworfenen Frage übergehe, möchte ich noch kurz über die Resultate der Längenmessung der Organe berichten. Wie schon erwähnt, wurden Gefäßglieder, Tracheiden und Holzfasern gemessen und zwar von jedem untersuchten Jahrring je 30 von jeder Art. Es war vorteilhaft, die Holzstückchen nur so lange der Einwirkung der Schulze'schen Mazerationsflüssigkeit auszusetzen, daß die einzelnen Gefäßglieder noch zusammenhingen und so in ihrer natürlichen Lage gemessen werden konnten. Die Aenderungen in der Länge der Organe, welche sich bei der Untersuchung ergeben haben, treten am deutlichsten bei den Holzfasern, am wenigsten sichtbar bei den Gefäßgliedern hervor.

In der Jugend sind die Organe am kleinsten. Ihre Länge nimmt mit dem Alter, anfangs ziemlich rasch, später langsamer zu, erreicht etwa im 50. oder 60. Jahr das Maximum und nimmt dann wieder ab. Bei Stamm II ist noch in der Altersperiode von 60—70 eine Längenzunahme der Organe zu konstatieren. Die entsprechenden Organe weisen bei den verschiedenen Stämmen keine sehr großen Differenzen in der Länge auf. Professor Hartig hat seiner Zeit einen 246jährigen Eichstamm des Spessarts auf die Länge der Organe untersucht. Wie sich aus der Vergleichung seiner Resultate mit den meinigen ergiebt, herrscht bezüglich der Länge ziemliche Uebereinstimmung zwischen den entsprechenden Organen der untersuchten Spessarteiche und der Roteichen. Die Tracheiden und Holzfasern der Roteichen haben jedoch etwas größere Länge, als die der Quercus Robur.

Was die Aenderungen der Länge mit der Höhe betrifft, so scheint vom Wurzelanlauf bis zu einer Höhe von etwa 5 m eine Zunahme, von da an aber eine stetige Abnahme stattzufinden. Besonders kurz werden die Organe in der äußersten Kronenspitze.

Die Unterschiede zwischen der durch das Alter bedingten Minimal- und Maximallänge der gleichen Organe bei ein- und demselben Stamm schwanken zwischen ziemlich weiten Grenzen. Bei Stamm I beträgt dieser Unterschied für die Holzfasern .78%, bei Stamm II 39%, bei Stamm IV 25% der Minimallänge. Ich glaube, daß der Grund für diese verschieden großen Differenzen in der Individualität des einzelnen Baumes zu suchen ist.

Bei Stamm IV ging ich bei der Untersuchung darauf aus, zu ermitteln, ob die Zuwachsgröße die Länge der Organe beeinflusse. Nach den gewonnenen Resultaten scheint dies nicht der Fall zu sein. Stamm IV weißt die gleichen Aenderungen in der Länge der Organe auf, wie die Stämme I u. II.

Tabelle IX.

Länge der Zellen.

In 1.3 m Höhe	Stamm I.			Stamm II.			In 0.3 m Höhe	Stamm IV.		
	Gefäßglieder im Frühj. Holz	Tracheiden	Holzfasern	Gefäßglieder im Frühj. Holz	Tracheiden	Holzfasern		Gefäßglieder im Frühj. Holz	Tracheiden	Holzfasern
5. Jahrring von außen	39.1	81.1	130.9	33.7	80.4	148.9	6. 7. 8. Ring (von außen) Ringbr. = 0.7 mm	29.4	73.4	120.7
15. Jahrring	39.0	98.3	145.8	32.4	81.0	140.9	18. Ring Ringbr. = 1.9 mm	29.7	87.0	124.3
25. Jahrring	40.4	90.1	147.8	28.8	75.3	135.1	27. Ring Ringbr. = 5 mm	30.7	90.7	127.2
35. Jahrring	35.7	77.7	139.4	32.7	73.7	130.2	37. Ring Ringbr. = 6 mm	28.3	79.0	122.0
45. Jahrring	33.4	71.2	127.4	29.2	72.2	129.4	47. Ring Ringbr. = 6 mm	26.3	74.9	110.6
55. Jahrring	26.7	53.4	83.1	26.6	62.0	106.8	57. Ring Ringbr. = 4.7 mm	24.4	67.2	102.1

Jeweils der 5. Ring von außen.	Höhe	Stamm I.			Stamm II.			Höhe	Stamm IV.		
	1.30	39.1	81.1	130.9	33.7	80.4	148.9	0.30	29.4	73.4	120.7
	4.54	39.7	82.3	142.4	38.1	73.0	141.6	3.50	32.3	89.4	135.6
	7.78	35.4	76.0	138.2	37.0	77.0	141.6	6.70	28.7	72.4	126.7
	11.02	37.3	78.6	136.1	34.0	77.2	138.7	9.90	30.2	73.1	111.8
	14.26	38.4	77.0	127.1	33.8	73.0	130.9	13.10	29.6	65.4	94.0
	17.50	37.9	77.3	123.8	29.9	74.4	128.9	16.30	28.0	68.4	111.0
	20.74	27.6	54.6	94.1	25.2	52.7	85.4	.	.	.	.

Betrachten wir für die Gefäße die gesetzmäßigen Aenderungen, welche Durchmesser der Lumina und Länge der Gefäßglieder mit dem Alter und der Höhe erleiden, so stellt sich heraus, daß im allgemeinen Durchmesser und Länge den gleichen Verlauf nehmen. In der Jugend und in der äußersten Krone sind die Durchmesser am kleinsten und die Gefäßglieder am kürzesten. Der raschen Zunahme der Durchmesser bis zum 30. oder 40. Jahr entspricht ebenso rasche Zunahme der Länge. Die Abnahme in der Krone ist wiederum eine gemeinsame. Für die Gefäße also läßt sich ohne Bedenken die Behauptung aufstellen, daß Durchmesser und Länge der Gefäßglieder gleichlaufen.

Für die Tracheiden und die Holzfasern wurden Bestimmungen der Querschnittsgröße nicht vorgenommen, da Messungen sehr schwierig und kaum mit der nötigen Genauigkeit auszuführen wären. Indessen ließ sich bei der Längenmessung dieser Organe die sichere Wahrnehmung machen, daß in der Krone mit der Länge der Organe auch ihre Breite stark abnehme. Gestützt auf diese Wahrnehmung und vor allem auf die für die Gefäße auf Grund von Messungen festgestellten Thatsachen wage ich den Schluß, daß auch bei den Tracheiden und den Holzfasern der Querschnitt der Zellen und die Länge derselben in direktem Verhältnis stehen.

Nun ist es aber leicht einzusehen, daß in einem Stück Holz um so mehr Substanz enthalten ist, je kleiner die dasselbe zusammensetzenden Zellen sind — vorausgesetzt, daß die Wandungsdicke mit der Größe des Querschnitts sich gleichbleibt.

Es ist daher wohl anzunehmen, daß neben der Verteilung der einzelnen Gewebsarten im Holz auch die Größe der Organe auf das Gewicht und somit auf die Güte des Holzes Einfluß ausübt, und daß in der Jugend und in der Krone das beste Holz deßhalb gebildet wird, weil hier der relativ hohe Anteil des sklerenchymatischen Gewebes am einzelnen Jahrring und die geringe Größe der Zellen zusammenwirken.

Ich gehe nach diesem Excurs auf die oben aufgestellte Frage ein, ob wir die Gründe für die vorherrschende Ausbildung des einen oder anderen Gewebes im Holzkörper kennen. Ich schicke voraus, daß es das Verdienst R. Hartigs ist, in dieses bisher dunkle Gebiet durch seine neusten Untersuchungen Licht gebracht zu haben.

Die im Holz eines Baumes vorhandenen Gewebe teilen wir vom physiologischen Standpunkt aus, d. h. nach der Thätigkeit, welcher diese Gewebe zur Erhaltung des Lebens des Pflanzenindividuums obliegen, ein in Leitungsgewebe, Speichergewebe und Festigungsgewebe. Das erstere hat die Aufgabe, der Pflanze das nötige Wasser und, in diesem gelöst, die anorganischen Nährstoffe zuzuführen, das zweite speichert im Lauf der Vegetationsperioden organische Bildungsstoffe in sich auf, die zum Teil — unter normalen Verhältnissen — bei der Jahrringbildung verbraucht werden, zum weitaus größten Teil aber bei der Samenerzeugung Verwendung finden, das Festigungsgewebe

dient der mechanischen Festigung des Baumes, wodurch derselbe befähigt wird, sein eigenes Gewicht zu tragen und eine feste, gerade, aufrechtstehende, widerstandsfähige Walze auszubilden. Die Wasserleitung ist — bei den Laubhölzern — Aufgabe der Gefäße und Tracheiden. Ob diese beiden Arten von Zellen gleichzeitig Leitungsbahn und Wasserreservoir sind, oder ob sie nur dem einen oder anderen Zweck dienen, und wie in diesem letzteren Fall die Funktionen verteilt sind, darüber vermag die Wissenschaft heute noch nicht sicheren Aufschluß zu geben.

Die Aufspeicherung der Reservestoffe besorgen die Parenchymzellen, welche im Holzkörper in zweifacher Anordnung als Markstrahlzellen und als Strangparenchym vorkommen. Die mechanische Festigung der Holzpflanzen fällt in erster Linie den Holzfaserzellen, auch Fasertracheiden oder Sklerenchym genannt, zu.

Die wichtigsten Lebensprocesse eines Baumes spielen sich in der Krone ab. Hier geht die Assimilation vor sich, deren Resultat die organischen Bildungsstoffe sind, hier findet vornehmlich die Verdunstung statt. Je größer die Krone eines Baumes ist, desto größer ist unter gleichen äußeren Verhältnissen die verdunstete Wassermenge. Das Gleiche gilt jedoch nicht für die Menge der Assimilationsprodukte, also auch nicht für die Größe des Zuwachses, da hier vor allem die Menge der aus dem Boden zugeführten mineralischen Stoffe mit maßgebend ist. Wir müssen uns vorstellen, daß — gleiche Standorts- und gleiche Beleuchtungsverhältnisse vorausgesetzt — bei Bäumen mit verschieden großer Blattmasse die Blätter des einen Baumes mit höherer oder geringerer Intensität der Assimilationsthätigkeit obliegen, als die des andern. Wir können uns einen Baum denken, dessen Krone unter dem Einfluß von Licht und Wärme bei intensivster Assimilation ihrer Blätter befähigt ist, die gesammte Menge der zugeführten Mineralstoffe eben zu verarbeiten. Die Assimilationsgröße erreicht hier ihr Maximum, die Verdunstungsgröße ihr Minimum. Ein unter genau den gleichen Verhältnissen wachsender Baum, der eine doppelt so große Krone besitzt, wird nicht eine doppelt so große Menge von Assimilationsprodukten liefern, da die zugeführten Mineralstoffe hiezu nicht ausreichen, dagegen wird seine Verdunstungsgröße annähernd doppelt so groß sein. Die Größe der Verdunstung aber ist in erster Linie maßgebend für die Ausbildung des Leitungsgewebes, der Gefäße und Tracheiden. Jeder Baum legt in der Vegetationsperiode stets in erster Linie Leitungsgewebe an, mag sein Zuwachs groß oder klein sein, da die Zufuhr von Wasser nach der verdunstenden Krone das erste Bedürfnis ist. In zweiter Linie geht er zur Bildung von Speichergewebe über. Was dann noch an Assimilationsprodukten über diesen zunächstliegenden Bedarf hinaus gebildet wird, erst das findet zur Herstellung von Festigungsgewebe Verwendung. Je weniger also der Baum Leitungsgewebe bedarf, d. h. je kleiner bei gleicher Zuwachsgröße seine Krone ist, desto mehr Assimilationsprodukte hat er für die Bildung von Sklerenchym übrig, desto schwerer und besser wird das Holz. Die Güte des

Holzes hängt also in erster Linie und fast allein von dem Verhältnis der Zuwachsgröße zur Verdunstung ab.

Ich werde im Folgenden die Uebereinstimmung dieser allgemeinen Erörterung mit meinen Untersuchungsresultaten nachweisen.

In der Jugend ist die Krone eines Baumes klein, die Verdunstung also unbedeutend; die größere Zahl der Gefäße wird durch die geringe Größe der Durchmesser paralysiert, so daß der procentuale Anteil des Leitungsgewebes am Holz ein sehr geringer ist. Naturgemäß überwiegt das Festigungsgewebe. So nimmt bei Stamm II in der Jugend das Sklerenchym 64% ein, und dementsprechend ist das Gewicht des in dieser Zeit gebildeten Holzes ein hohes. Mit der Entwicklung der Krone wird der Anteil des Leitungsgewebes immer größer. Er steigt bei Stamm II von 36% in den ersten zwei Decennien bis zu 85% zwischen dem 60. und 70. Jahr. Die Substanzmenge ist hierbei von 63.7 auf 55.5 gesunken. Die gleichen Verhältnisse lassen sich bei den Stämmen I und IV feststellen.

Die Zunahme des Holzgewichtes innerhalb der Krone ist einmal auf die Verteilung der Gefäßstränge auf die verschiedenen Aeste und Zweige, sodann aber auf das Kleinerwerden der Organe zurückzuführen.

Von den beiden, auf dem gleichen Standort erwachsenen Stämmen I und II hat Stamm II das schlechtere Holz mit einer durchschnittlichen Substanzmenge von 56.8 gegenüber 61.2. Wie ein Blick auf Tabelle VII zeigt, ist entsprechend der Anteil des Sklerenchyms am Holz fast überall geringer bei Stamm II, als bei Stamm I. Bei der Beschreibung des Untersuchungsmaterials habe ich hervorgehoben, daß bei Stamm I die Krone in einer Höhe von 15 m über dem Boden ansetzt, während sie bei dem annähernd gleich hohen Stamm II bis auf 11 m herabgeht. Die stereometrische Berechnung des Astholzes bis zu 2 cm Stärke herab hat ergeben, daß das Astholzprocent bei Stamm I 9.9, bei Stamm II 13.3 betrug. Bei letzterem Stamm war also das Verhältnis der Zuwachsgröße zur Verdunstungsgröße ungünstiger, als bei Stamm I, was eine stärkere Ausbildung von Leitungsgewebe und somit Beeinträchtigung der Holzgüte zur Folge hatte.

Bis vor kurzem herrschte die Ansicht, daß bei den sog. ringporigen Hölzern das Gewicht und somit die Güte des Holzes mit der Breite der Jahrringe zunehme. Es war bekannt, daß dieser Satz nicht für alle Fälle Giltigkeit habe — C. Gayer hat dies in seinem Lehrbuch der Forstbenutzung (7. Aufl. 1888) ausdrücklich betont — doch nahm man ihn als im allgemeinen zutreffend an. Prof. Hartig war der erste, der auf Grund eingehender Untersuchungen die Unrichtigkeit dieses Satzes nachwies. Ich bin im Stande, durch meine Untersuchungsresultate dies gleichfalls in der unzweideutigsten Weise darzuthun und nachzuweisen, daß sowohl innerhalb desselben Stammes, als zwischen verschiedenen Stämmen die Ringbreite kein Entscheidungsmerkmal für die Holzgüte ist.

Der schon des öfteren erwähnte Stamm IV ist, wie aus seinem eingangs gegebenen Charakteristikon ersichtlich, unter günstigen Standortsverhältnissen aufgewachsen. Leider fehlen mir zur genauen Ermittlung seines Inhaltes und somit auch zur Feststellung seines Astholzprocentes einige Zahlen. Indessen herrscht kein Zweifel, daß der Baum in den ersten 40 Jahren ziemlich frei stand und somit zur vollen Kronenentwicklung Gelegenheit hatte. Dies geht sowohl aus seinem geringen Höhenwuchs (18 m mit 70 oder 80 Jahren), als aus der Breite der Jahresringe in der Jugend hervor. In 0.3 m Höhe beträgt die durchschnittliche Ringbreite im ersten Decennium des Wachstums 2.7 mm, steigt dann rasch auf etwa 6 mm, auf welcher Höhe sie sich etwa 30 Jahre erhält und sinkt dann wieder auf 2.4 und weiter auf 0.7 mm, nachdem für mindestens ein Decennium, wahrscheinlich aber für längere Zeit, der Zuwachs in den untersten Partieen des Stammes ganz ausgesetzt hatte.

Die innersten 9 Ringe enthalten bei einer durchschnittlichen Breite von 2.7 mm 45.8% Sklerenchym und haben ein specifisches Trockengewicht von 0.685. Während nun in den folgenden Perioden die Ringbreite auf 6 mm und darüber steigt, sinkt der Anteil des Sklerenchyms auf 24.3% und das spec. Gewicht auf 0.654. Der Baum hatte eben eine gewaltige Krone entwickelt, die zu ihrer Verdunstung reichlicher Wasserzufuhr benötigte. Mit der Steigerung der Verdunstung konnte aber die Assimilation nicht gleichen Schritt halten; diese konnte wegen der beschränkten Zufuhr von Mineralstoffen sich nicht im Verhältnis zur Blattmenge vermehren. Je größer die Blattmenge wurde, mit desto geringerer Intensität arbeitete das einzelne Blatt. Vielleicht hätte die Hälfte der vorhandenen Blattmasse genügt, um den gleichen Zuwachs hervorzubringen. Ich erinnere hier an die Erfahrung, die Prof. Hartig mit der Aestung zweier 80jähriger Rotbuchen gemacht hat. Diese Stämme, bei denen die Aeste bis fast auf den Boden herabgingen, wurden so stark aufgeastet, daß sie wohl nicht viel mehr, als etwa ein Drittel ihrer seitherigen Blattmasse behielten. Als sie nach 9 Jahren untersucht wurden, stellte sich heraus, daß der Zuwachs bei dem einen Stamm sich gleichgeblieben war, bei dem andern nicht unbedeutend zugenommen hatte. Zugleich war bei beiden das Leitungsgewebe zu gunsten des Festigungsgewebes zurückgedrängt worden, und hatte das Holzgewicht, während es naturgemäß hätte abnehmen sollen, sich nicht unerheblich erhöht.*)

Gegen das 40. Jahr ungefähr kam die Roteiche durch Akazien ins Gedränge. Sie wurde stark eingeengt, so daß die Ringbreite auf 2.4 mm fiel. Die Verdunstung wurde energisch eingeschränkt, infolge dessen bedurfte der Baum weniger Leitungsgewebe, der Anteil des Sklerenchyms steigerte sich, und das Holzgewicht stieg von 0.654 auf 0.679. Mit der Zeit wurde aber die Bedrängung so mächtig, daß nur noch die obersten Partieen des Schaftes

*) Hartig-Weber: Das Holz der Rotbuche. S. 61 und S. 80.

Jahrringe anlegen konnten. Als später der Roteiche etwas Luft geschafft worden war, begann auch in den untersten Stammteilen das Cambium seine Thätigkeit wieder, jedoch war die Menge der in diese Stammpartie herabkommenden organischen Bildungsstoffe so gering, daß diese fast ganz bei der Bildung des Leitungs- und Speichergewebes aufgebraucht wurden und für das Festigungsgewebe nur ein minimaler Teil zur Verfügung blieb. Der Anteil dieses letzteren ist deßhalb auf 9% herabgesunken, das spec. Gewicht auf 0.583.

Ich bemerke, daß überall, wo es sich darum handelt, den Einfluß des anatomischen Baus und der Jahrringbreite auf das Holzgewicht festzustellen, bei Vergleichung von Kern und Splint die bei der Verkernung stattfindende Substanzvermehrung berücksichtigt werden muß. Die für den Splint gefundenen Gewichtszahlen müßten demzufolge um den Betrag der Substanzvermehrung bei der Kernbildung vergrößert werden. Da mir dieser Betrag aber für die Roteiche nicht bekannt ist, mußte ich ihn außer Acht lassen. Jedenfalls ist er kleiner, als der für die Quercus Robur des Speßarts von Prof. Hartig auf etwa 6% der Substanzmenge im Frischvolumen festgestellte. Wenn nun auch die für den Splint gegebenen Zahlen gegenüber den für das Kernholz angeführten etwas zu klein sind, so war ihre Tauglichkeit für den vorliegenden Zweck durch diesen Fehler doch nicht in Frage gestellt.

Hervorzuheben ist die Thatsache, daß das Cambium in der unteren Stammhälfte so lange ohne Nahrung bleiben konnte, ohne abzusterben. Jedenfalls ist dies neben der Vorkebildung der starken Beschattung durch die Nachbarstämme zu verdanken, infolge deren das Cambium gegen das Vertrocknen geschützt war.

Ich mache weiter auf das spec. Gewicht der beiden äußersten Perioden in der Höhe von 9.9 und 13 m aufmerksam. In den beiden Perioden der höher gelegenen Sektion ist trotz der Abnahme der Jahrringbreite das spec. Gewicht gegen das der tiefer gelegenen gestiegen.

Im Gegensatz zu den bisher angeführten Beispielen können ebenso zahlreich solche erbracht werden, wo der Anteil des Sklerenchyms und das spec. Gewicht mit der Ringbreite wachsen. Aus diesem entgegengesetzten Verhalten geht eben am deutlichsten hervor, daß für denselben Baum die Ringbreite an und für sich kein Kriterium der Holzgüte ist.

Die Vergleichung der vier Stämme untereinander ergiebt die Thatsache, daß Stamm IV trotz seiner breiten Ringe das schlechteste Holz hat, selbst dann, wenn man nur die Periode des bedeutenden Dickenwachstums in Betracht zieht. Stamm I hat trotz seines verhältnismäßig langsamen Dickenwachstums in allen Teilen weitaus besseres Holz

Es ist also auch für verschiedene Bäume derselben Holzart die Ringbreite nicht für die Holzgüte entscheidend. Es giebt gewiß Fälle, in denen sie es sein kann, z. B. wenn die größere Ringbreite die Folge besseren Bodens ist, aber eben so häufig kann das Gegenteil eintreten. Maßgebend für die

Holzgüte ist eben stets in erster Linie das Verhältnis zwischen Zuwachs- und Verdunstungsgröße.

Es bleiben nun noch die Resultate der Untersuchung über den Anteil der großen Markstrahlen am Holz anzuführen und zu erläutern. Ueber die Methode der Ermittlung habe ich schon früher gesprochen. Die an den Stämmen I, II und III gewonnenen Resultate stimmen im allgemeinen mit den von Prof. Hartig für die Quercus Robur des Spessarts festgestellten Thatsachen überein. Der procentuale Anteil der Markstrahlen am Holz bleibt sich, wenigstens bei den Stämmen I und II, für die verschiedenen Lebensalter annähernd gleich. Doch scheint mir dies nur für Stämme von normalem Wachstumsgang zuzutreffen, wie ihn die Stämme I und II nach der Ausführung im ersten Teil der Abhandlung besitzen, und auch für diese nur unter gewissen Bedingungen bezüglich Wuchsraums und Beleuchtung, auf die ich noch zu sprechen kommen werde.

Bei Stamm IV ließ sich die interessante Erscheinung feststellen, daß die Breite der Jahrringe bezw. die Zuwachsgröße auf die Markstrahlbildung von Einfluß ist. Die breiten Jahrringe in den ersten 40 Jahren des Wachstums enthalten 18.5 bezw. 20.9% Markstrahlen. Als infolge der Bedrängung durch die Nachbarbäume die Ringbreite von 6 mm auf 2.4 zurückging, sank auch der Anteil der Markstrahlen auf 16.3 und weiter auf 15.8%. Der gleiche Vorgang läßt sich in der Höhe von 3.5 m verfolgen, wo der Procentsatz der Markstrahlen von 14.7 auf 8.5, und in der Höhe von 6.7 m, wo er von 10.4 auf 7 vermindert wurde.

Da die großen Markstrahlen bei weitem den größten Teil des Speichergewebes der Roteiche ausmachen, so lassen sich aus den Untersuchungsresultaten Schlüsse ziehen auf die Verhältnisse, welche die Größe der Reservestoffbildung beeinflussen. Ohne Zweifel sind hierbei die Größe der Krone und die Intensität der Beleuchtung maßgebend. So lange der Stamm IV uneingeengt seine Krone entfalten konnte, so lange diese, über die Nachbarstämme hervorragend, allseitig beleuchtet wurde, war die Assimilation eine sehr energische und wurde ein relativ größerer Teil der Assimilationsprodukte als Reservestoffe niedergelegt. Als später die Krone eingeengt wurde, die unteren Teile abstarben, die Beleuchtung nur den oberen Teil der Krone traf, da ging die Bildung von organischen Stoffen zurück, und es wurde nun ein relativ geringerer Teil derselben auf die Bildung von Speichergewebe verwendet. Es ist indessen auffallend, daß bei der außerordentlichen Zuwachsverminderung die Ausbildung von Markstrahlgewebe nicht weiter zurückgegangen ist, als von 21 auf 16%, während der Anteil des Sklerenchyms von 43 auf 9% sich verminderte. Es mag hierin ein Beweis dafür liegen, daß der Baum erst in letzter Linie d. h. mit den überschüssigen Assimilationsprodukten Festigungsgewebe herstellt.

Daß außer der Größe der Krone die Beleuchtung von größtem Einfluß auf die Reservestoffbildung und somit auf die Anlage von Speichergewebe ist,

Tabelle X.

Anteil der großen Markstrahlen am Holz.

In 1.3 m Höhe	Stamm I.			Stamm II.			Stamm III.		
	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %
5. Ring von außen	4.3	0.32	13.8	5.1	0.18	9.2	7.0	0.21	14.7
15. Ring	4.1	0.30	12.3	4.2	0.19	8.0	6.7	0.16	10.7
25. Ring	4.4	0.30	13.2	5.1	0.18	9.2	.	.	.
35. Ring	4.8	0.29	13.9	5.2	0.16	8.3	.	.	.
45. Ring	3.7	0.32	11.8	5.2	0.17	8.8	.	.	.
55. Ring	4.8	0.26	12.5	.	.	.	.	.	.

Jeweils der fünfte Ring von außen. Höhe	Stamm I.			Stamm II.			Stamm III.		
	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %
1.3	4.3	0.32	13.8	5.1	0.18	9.2	7.0	0.21	14.7
4.5	4.5	0.23	10.4	4.1	0.18	7.4	5.0	0.26	13.0
7.7	4.8	0.19	9.1	3.5	0.19	6.7	5.0	0.26	13.0
10.9	5.6	0.17	9.5	3.5	0.16	5.6	.	.	.
14.1	3.3	0.21	6.9	3.7	0.17	6.3	.	.	.
17.3	3.0	0.19	5.7	3.9	0.15	5.9	.	.	.

Stamm IV.

Höhe	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %	Zahl pro 1 cm	Mittl. Breite in mm	Anteil a. Holz in %
	Periode mit durchschnittl. Ringbreite von 0.7 mm			Periode mit durchschnittl. Ringbreite von 2.4 mm			Periode mit durchschnittl. Ringbreite von 6 mm			Periode mit durchschnittl. Ringbreite von 6 mm		
0.3	5.7	0.28	15.8	5.3	0.31	16.3	5.5	0.38	20.9	5.7	0.33	18.5
	von 0.7 mm			von 2.2 mm			von 5 mm					
3.5	5.0	0.17	8.5	4.8	0.19	9.4	5.4	0.27	14.7			
	von 0.9 mm			von 5 mm								
6.7	4.4	0.16	7.0	5.1	0.20	10.4						
	von 0.8 mm			von 3 mm								
9.9	4.3	0.16	6.9	4.4	0.18	8.0						
	von 0.6 mm											
13.1	4.9	0.17	8.3									
	von 1.5 mm											
16.3	3.5	0.13	5.9									

scheint mir daraus hervorzugehen, daß Stamm II trotz seiner relativ größeren Krone einen um etwa ein Drittel geringeren Procentsatz an Markstrahlen hat, als Stamm I.

Bei den Spessarteichen wurde von Prof. Hartig eine, wenn auch geringe Zunahme des Markstrahlenanteils mit dem Alter gefunden; erst als keine Veränderungen mehr in der Größe der Krone und in den Beleuchtungsverhältnissen stattfanden, wurde der Procentsatz konstant. Bei den von mir untersuchten Roteichen I und II ändert sich der procentuale Anteil der Markstrahlen mit dem Alter nur innerhalb so geringer Grenzen, daß man ihn wohl als konstant bezeichnen kann. Ich bin der Ansicht, daß dieses verschiedene Verhalten der Spessarteichen und der Roteichen auf ihre verschiedene Entstehungsart bezw. die Wachstumsverhältnisse in der Jugend zurückzuführen ist. Die Spessarteichen, von Jugend auf in sehr dichtem Schluß erwachsen, waren in ihrer Kronenentwicklung gehemmt und im Lichtgenuß beschränkt; als sie in höherem Alter ihre Krone freier entfalten konnten und erhöhte Lichtzufuhr ihnen zugute kam, da steigerte sich die seither künstlich zurückgehaltene Reserve-

stoffbildung und mit ihr der Anteil der Markstrahlen. Im Gegensatz hiezu konnten die beiden Roteichen I und II von Jugend an bei weitem Pflanzverband ihre Kronen ungehindert entfalten, und waren so die Bedingungen der Reservestoffbildung das ganze Leben hindurch ziemlich gleich, so daß auch der Anteil der Markstrahlen in den verschiedenen Altersperioden nur ganz unbedeutende Schwankungen aufweist.

Mit der Höhe nimmt der procentuale Anteil der Markstrahlen ab — wenigstens im astfreien Schaft. Bei den Stämmen II und IV findet in der unteren Kronenpartie eine kleine Zunahme gegenüber dem an die Krone anstoßenden Schaftteil statt, innerhalb der Krone selbst ist der Markstrahlanteil im Sinken begriffen. Ob diese Zunahme etwas Zufälliges oder Gesetzmäßiges ist, kann ich mit meinem Untersuchungsmaterial nicht entscheiden.

Die auf 1 cm des Umfangs entfallende, durchschnittliche Zahl von Markstrahlen unterliegt in den verschiedenen Altersperioden nur geringen Schwankungen. Selbst bei Stamm IV trifft dies zu, trotzdem hier der procentuale Anteil in den einzelnen Perioden recht verschieden ist. Der verschieden große Anteil der Markstrahlen wird hier durch Aenderungen in der mittleren Breite derselben hervorgerufen, welche von 0.38 mm auf 0.28 sinkt.

Ueber die Aenderungen, welche die Zahl der Markstrahlen mit der Höhe erleidet, geben die Untersuchungsresultate keinen sicheren Aufschluß. Zwei Stämme lassen im Schaft von unten nach oben eine Abnahme erkennen, einer eine Zunahme, in der Krone — ebenso — zwei eine Abnahme, einer eine Zunahme. Ebenso wenig läßt sich über den Verlauf der mittleren Breite mit der Höhe etwas Bestimmtes sagen.

Abromeit giebt in seiner schon erwähnten Abhandlung „Ueber die Anatomie des Eichenholzes" als Maximalbreite der großen Markstrahlen bei der Roteiche 0.4 mm an. Nach meinen Untersuchungsresultaten würde dies für zwei meiner Stämme (II und III) allerdings zutreffen, dagegen habe ich bei den Stämmen I und IV zahlreiche Markstrahlen von 0.5 mm Breite, nicht selten solche von 0.6 und sogar einige wenige von 0.7 mm Breite gefunden. Ich halte es deshalb nicht für möglich, für eine Holzart eine bestimmte Maximalbreite der Markstrahlen anzugeben und als charakteristisches Merkmal derselben aufzustellen.

Es lag von vorn herein die Vermutung nahe, daß die anatomischen Verhältnisse des Roteichenholzes keine Begründung für die demselben vorgeworfene kurze Dauer geben würden. Indessen wird der allgemeine wissenschaftliche Wert, welchen die Untersuchung des Zuwachses und der Anatomie dieser Holzart haben, deren eingehende Behandlung ausreichend begründen.

Die gleich bei Beginn der Arbeit vorgenommene Ermittlung des spec. Gewichtes der Wandungssubstanz hatte Anhaltspunkte dafür ergeben, daß in der chemischen Zusammensetzung der Substanz der Unterschied zwischen dem Roteichenholz und dem Holz unsrer Eichen in erster Linie zu suchen sei.

Bevor ich die diesbezüglichen Resultate bespreche, möchte ich über die Art und Weise der Ermittlung des spec. Gewichtes der Wandungssubstanz berichten.

Es war zu dem Zwecke nötig, Querschnitte herzustellen, deren sämmtliche Zellen mindestens einmal durchschnitten seien, damit die in denselben enthaltene Luft zum Entweichen gebracht werden könne. Die Schnitte wurden wegen der Schwierigkeit, auch die horizontal laufenden Markstrahlzellen zu durchschneiden, zwischen den größeren Markstrahlen geführt. Die kleinen, nur eine bis zwei Zellen breiten Markstrahlen ließen sich natürlich nicht vermeiden. Die so gewonnenen Querschnitte wurden in einer Lösung von salpetersaurem Kalk sorgfältig erwärmt, um die Luft aus den offenen Zellräumen zu vertreiben, und ließ sich dann auch mit Hilfe von Lupe und Mikroskop an den meisten Schnitten der gänzliche Mangel von Luftbläschen nachweisen. Die völlig luftfreien Schnitte wurden in eine Lösung von salpetersaurem Kalk von bestimmtem specifischem Gewicht gebracht. Je nachdem sie in derselben oben schwammen oder untersanken, war ihr spec. Gewicht kleiner oder größer, als das der Lösung. Es wurden nun so lange Versuche mit Lösungen von verschiedenem spec. Gewicht vorgenommen, bis die Schnitte in der Lösung suspendiert blieben. In diesem Fall war das spec. Gewicht der Lösung zugleich dasjenige der Wandungssubstanz.

Die Untersuchung erstreckte sich auf zwei Stämme, auf den verhältnismäßig schmalringigen, 70jährigen Stamm I von Annweiler und auf den sehr breitringigen, 24jährigen Stamm III von Rotenfels. Die Schnitte wurden aus Brusthöhe und zwar unter Einteilung in Splint, äußeren und inneren Kern entnommen.

Es hat sich dabei herausgestellt, einmal daß zwischen den beiden Stämmen und sodann, daß zwischen äußerem und innerem Kern kein bemerkbarer Unterschied besteht.

Für beide Stämme betrug das Gewicht der Wandungssubstanz im Splint 1.545 und im Kern 1.565.

Diese Zahlen waren auffällig gegenüber den von Prof. Hartig für die Traubeneiche des Spessarts gefundenen. Bei dieser hatte die Wandungssubstanz im Splint ein spec. Gewicht von 1.550 bis 1.565, im Kern ein solches von 1.590.

Die Vergleichung dieser für die beiden Eichenarten festgestellten Zahlen ergiebt zwei wichtige Thatsachen,

1) Daß das spec. Gewicht der Wandungssubstanz im Splint der Roteiche kleiner ist, als im Splint der Traubeneiche des Spessarts;

2) Daß bei der Roteiche die Substanzvermehrung bei der Verkernung geringer ist, als bei den Spessarteichen.

Ich habe schon früher, als ich über die Verteilung von Splint und Kern in den Roteichen sprach, die Hartig'sche Theorie von der Kernbildung in

kurzen Zügen wiedergegeben und betont, daß hiernach die Verkernung das Resultat zweier Processe sei, einer Umwandlung von Stoffen und einer Zufuhr von solchen. Durch letzteren Proceß werde bei der Qu. Robur des Spessarts die Substanzmenge im Frischvolumen etwa um 6% vermehrt. Es sei anzunehmen, daß die nachträglich zugeführten Stoffe der Hauptsache nach Gerbstoffe seien.

Ich bin nun der Ansicht, daß die Unterschiede im spec. Gewicht der Wandungssubstanz zwischen Roteiche und Spessarteichen in erster Linie auf verschieden großen Gerbstoffgehalt zurückzuführen sind. Aus diesem Grunde habe ich einige quantitative Untersuchungen über den Gerbstoffgehalt des Roteichenholzes vorgenommen. Diese Untersuchungen wurden im pharmaceutischen Institut ausgeführt, wo Herr Hofrat Dr. Hilger mir in liebenswürdigster Weise einen vor Semesterschluß freigewordenen Platz eingeräumt hatte.

Ich habe zur Bestimmung des Gerbstoffgehalts die gewichtsanalytische Methode angewandt, welche unter den ziemlich zahlreichen, jedoch alle mehr oder weniger unsicheren Methoden wohl noch die besten Resultate liefert. Das bei der Untersuchung verwendete Holz wurde dem 70jährigen Stamm I aus Brusthöhe entnommen und zwar je eine Probe aus dem Splint und aus dem Kern. Die Zerkleinerung wurde mit Hilfe einer Feile bewirkt.

Von der zerkleinerten Holzmasse, deren Wassergehalt genau bestimmt worden war, wurden 20 gr in heißem Wasser so lange ausgelaugt, bis das Wasser nicht die geringste Trübung mehr erfuhr. Auf diese Weise glaube ich den im Wasser löslichen Gerbstoff bis auf minimale Mengen erhalten zu haben. Die Lösung wurde auf genau 1000 ccm gebracht. Hievon wurden 100 ccm in einer Platinschale von vorher genau bestimmtem Gewicht eingedampft, und das Gewicht der Trockensubstanz festgestellt. Hierauf wurden die in der Trockensubstanz enthaltenen organischen Stoffe durch Glühen beseitigt und das Gewicht der anorganischen Substanzen ermittelt. Durch Subtraktion des Gewichts dieser letzteren von dem Gewicht der Trockensubstanz wurde das Gewicht der in 100 ccm der Lösung enthaltenen organischen Substanz gefunden.

200 ccm der Lösung wurden mit 10 gr Hautpulver etwa $^3/_4$ Stunden lang digeriert, sodann durch ein Tuchfilter gepreßt. Dem Filtrat wurden nochmals 4 gr Hautpulver zugesetzt. Nach Ablauf von 20—24 Stunden wurde durch sorgfältiges Filtrieren das Hautpulver entfernt und von der erhaltenen farblosen, gerbstofffreien Flüssigkeit 100 ccm eingedampft und das Gewicht der nach der Behandlung mit Hautpulver zurückgebliebenen organischen Substanz bestimmt. Die Differenz zwischen den Gewichten der organischen Substanz vor und nach der Behandlung mit Hautpulver giebt die Menge des in der Lösung enthaltenen Gerbstoffs an.

Dieser theoretisch genauen und auch für den Laien leicht auszuführenden Methode haftet der Mangel an, daß sich stets gewisse Mengen Hautpulver

beim Digerieren in der Flüssigkeit auflösen. Ist der Gerbstoffgehalt der Lösung ein sehr großer, so mag trotz des Fehlers das Resultat immerhin noch annehmbar sein; anders jedoch, wenn der Gerbstoffgehalt der Lösung sehr gering ist, wie es bei meinen Untersuchungen der Fall war. So konnte es sich hierbei, trotz Anwendung von anerkannt vorzüglichem Hautpulver, ereignen, daß ich nach der Behandlung mit Hautpulver dreimal so viel organische Substanz erhielt, als in der noch nicht mit Hautpulver digerierten Lösung enthalten war.

Um die Menge des in Lösung übergegangenen Hautpulvers zu bestimmen, habe ich destilliertes Wasser in genau der gleichen Weise, wie ich es für die gerbstoffhaltige Lösung beschrieben, mit Hautpulver behandelt. In 100 ccm destillierten Wassers haben sich 0.1070 gr Hautpulver gelöst.

Daß durch Abzug dieses Betrags von dem Gewicht der organischen Substanz, welche in der mit Hautpulver behandelten Lösung enthalten war, kein einwandfreies Resultat erhalten wurde, geht schon aus der naheliegenden Erwägung hervor, ob das Hautpulver in dem destillierten Wasser bezüglich der Löslichkeit sich ebenso verhalte, wie in der gerbstoffhaltigen Flüssigkeit.

Ich habe für Splint und Kern jeweils zwei Parallelunterſuchungen gemacht und gebe als Resultat das arithmetische Mittel aus den beiden Untersuchungen.

Für den Gerbstoffgehalt des Splints lieferte die Untersuchung kein brauchbares Resultat insofern, als auch nach Abzug des für die Löslichkeit des Hautpulvers in destilliertem Wasser ermittelten Betrags von 0.1070 gr ein Ueberschuß von organischer Substanz sich ergab. Es wäre hieraus der Schluß auf einen ganz minimalen Gerbstoffgehalt zu ziehen, doch ist es weit wahrscheinlicher, daß sich in der gerbstoffhaltigen Flüssigkeit mehr Hautpulver löste, als in dem destillierten Wasser. Indessen gab die Untersuchung doch in gewisser Beziehung Aufschluß über den im Splint vorhandenen im Wasser löslichen Gerbstoff. In 100 ccm der gerbstoffhaltigen Flüssigkeit waren 0.587 gr organische Substanz enthalten. Angenommen, es sei diese gesammte organische Substanz Gerbstoff, was indessen ohne Zweifel nicht der Fall ist (schon aus dem Grunde nicht, weil die Trockensubstanz sich als sehr hygroskopisch erwies), so würde sich für den absolut trockenen Splint in maximo ein Gerbstoffgehalt von 3.57% ergeben.

Die Extraktionsflüssigkeit des Kerns enthielt fast ebenso viel organische Substanz, als die des Splints, nämlich 0.535 gr in 100 ccm. Aufgefallen ist mir der etwa um 30% geringere Gehalt des Kerns an löslichen anorganischen Stoffen. Die Bestimmung ergab für den Kern einen Gerbstoffgehalt von 2.11% des Trockengewichts.

Das mit Wasser ausgelaugte Holz wurde getrocknet und dann mit Alkohol extrahiert, um die Menge der in Splint und Kern enthaltenen in Wasser unlöslichen, umgewandelten Gerbstoffe zu ermitteln. Es lösen sich allerdings

zugleich noch andere organische Substanzen in dem Alkohol auf, z. B. Fette, doch ist deren Menge nachweislich für das Eichenholz so gering, daß ohne Bedenken die in dem Alkohol gelöste Substanz als Gerbstoff angesehen werden kann. Es ergab sich das eigentümliche Resultat, daß Splint und Kern gleichviel solcher in Alkohol löslicher Gerbstoffe enthielten, nämlich 1.07% des Trockengewichts.

Es war von vorn herein meine Ueberzeugung, daß die vorgenommenen Untersuchungen keinen anderen Wert hätten, als eventuell den geringen Gerbstoffgehalt des Roteichenholzes nachzuweisen. Die ungünstigen Erfahrungen, welche ich mit der Gerbstoffbestimmungsmethode machte, waren für mich ein weiterer Grund, nicht noch mehr Zeit auf Untersuchungen zu verwenden, die bei unseren heutigen Kenntnissen von der Natur der Gerbstoffe keine Aussicht auf Erfolg boten. Vor allem sind es bekanntlich die Spaltungsprodukte des Gerbstoffs, die sog. Phlobaphene, über deren Zusammensetzung und Eigenschaften noch sehr verschiedene Ansichten herrschen. Ich habe schon öfter hervorgehoben, daß bei der Kernbildung Gerbstoffe aus dem Splint zugeführt werden, welche sich in Phlobaphene umwandeln und die für manche Holzarten charakteristische Färbung des Kerns hervorrufen. Welches ist nun aber der Einfluß dieser Phlobaphene auf die Dauer des Holzes? Wirken dieselben wie die Gerbstoffe, gewissermaßen antiseptisch, und wie ließe sich diese Wirkung erklären? Bezüglich der die Dauer des Holzes erhöhenden Wirkung der Gerbstoffe schreibt Herr Professor Ebermayer in seinem Werk „Naturgesetzliche Grundlagen des Wald- und Ackerbaus" (Physiol. Chemie der Pflanzen. S. 410 Anm. 2): „Liegen gerbstoffreiche Vegetabilien (Eichenblätter, Eichenholz, Haidekraut ꝛc.) an Orten, zu denen wenig Sauerstoff gelangen kann, z. B. unter Wasser, oder im Untergrunde eines nassen Bodens, so beansprucht die Gerbsäure den Sauerstoff für sich und hemmt und verzögert die Verwesung oder Oxydation der Pflanzenfaser. Es beruht darauf jedenfalls die bekannte Erfahrung, daß unter allen Hölzern das Eichenholz nicht nur an der Luft, sondern namentlich auch unter Wasser die längste Dauer hat."

Bekanntermaßen ist es nicht das Splintholz, sondern das Kernholz der Eiche, welches durch seine lange Dauer ausgezeichnet ist. Die Substanzvermehrung des Kerns wird, wie wir annehmen dürfen, durch Einlagerung von Gerbstoffen hervorgerufen; diese Gerbstoffe werden aber, wie die Kernfärbung beweist, unter Einwirkung von Luft oxydiert und in ihre Spaltungsprodukte, Eichenrot und Zucker, zerlegt. Wenn nun die Wirkung dieser sog. Phlobaphene auf die Dauer des Holzes ähnlich wie die der Eichengerbstoffe sein sollte, so müßten sie noch weiter oxydierbar sein, was nicht anzunehmen ist. Oder es müßte die lange Dauer des Kernholzes durch einen höheren Gehalt an noch oxydierbaren Gerbstoffen gegenüber dem Splint verursacht werden. Es sind hierüber noch keine vergleichenden Untersuchungen ausgeführt worden. Bei der Roteiche scheint eine merkliche Differenz nicht vorhanden zu sein.

Noch eine andere Erfahrung bei meinen Untersuchungen ist mir nicht recht erklärlich. Als ich das zerkleinerte, mit Wasser ausgelaugte Holz nachträglich mit Alkohol extrahierte, um den Gehalt an Phlobaphenen festzustellen, fiel mir auf, daß der Alkohol auch bei der Extraktion des Kernholzes eine gelbe Färbung annahm, ähnlich wie das Wasser beim Extrahieren der Gerbstoffe. Nun sind aber die Phlobaphene braunrote Substanzen und lösen sich auch in Alkohol mit braunroter Farbe. Zum zweiten mußte auffallen, daß Splint und Kern einen gleich großen Procentsatz an Phlobaphenen haben sollten. Weßhalb hat dann der Splint nicht dieselbe Farbe, wie der Kern? Außerdem schien mir auch der Gehalt an Phlobaphenen von 1.07% für den Kern zu gering.

Daß die in dem Alkohol gelösten Substanzen wenigstens zum größten Teil Gerbstoffe (im weiteren Sinn) waren, davon überzeugte ich mich durch die Reaktion mit Eisenchlorid. Daß ferner diese gelösten Substanzen nicht Reste von in Wasser löslichem Gerbstoff waren, die infolge mangelhaften Extrahierens zurückgeblieben wären, scheint mir schon durch den Procentsatz von 1.07 bei dem an und für sich geringen Gerbstoffgehalt ausgeschlossen. Zudem habe ich, wie schon erwähnt, das Extrahieren mit Wasser so lange fortgesetzt, bis auch nicht mehr die geringste Trübung des Wassers eintrat.

Ich hatte das Holz so lange der Wirkung des heißen Alkohols ausgesetzt, bis derselbe keine Färbung mehr zeigte. Trotzdem ließ sich auch jetzt noch an dem ausgelaugten Holz beim Begießen mit Eisenchloridlösung die bekannte Reaktion bemerken.

Alles dies bestärkt mich in der Meinung, daß die in dem Alkohol gelösten Substanzen keine Phlobaphene waren.

Ich glaube, durch meine Ausführungen zur Genüge dargelegt zu haben, welche Fragen noch zu erledigen sind, ehe wir den Einfluß der Gerbstoffe und ihrer Oxydationsprodukte auf das Holz festzustellen vermögen. Die Bearbeitung dieser Probleme, deren nicht geringstes die Ermittlung einer genauen Gerbstoffbestimmungsmethode ist, dürfte indessen Sache des Fachmanns, nicht des Laien sein.

Daß es mir unter diesen Verhältnissen nicht möglich war, die Frage, weßhalb das Roteichenholz geringere Dauer hat, als unser Eichenholz, in unzweifelhafter Weise zu beantworten, wird man begreiflich finden. Ich bin der Ansicht, daß nur Untersuchungen bezüglich des Gerbstoffgehaltes zur Beantwortung der Frage führen werden. Doch muß ich mich zur Zeit damit begnügen, weitere Untersuchungen in dieser Richtung vielleicht anzuregen.

J. P. Himmer'sche Buchdruckerei, Augsburg